



ROČNÍK XII/2007. ČÍSLO 6



RADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

ROČNÍK LVI/2007. ČÍSLO 6

## V TOMTO SEŠITĚ

Z dějin vědy a techniky .....	1
<b>UŽITEČNÁ ZAPOJENÍ Z DLOUHO- LETÉ PRAXE IV</b>	
Úvod .....	3
Elektronika pro motoristy .....	4
Inovované nabíječe s UC3906N .....	4
Inovovaný dobíječ s IO L200 .....	10
Dobíječ s IO UA78T15 .....	12
Tyristorový nabíječ .....	13
Indikátor napětí olověnéhoaku. ....	16
Jednoduchý síťový regulátor .....	17
Ofukovací jednotky 1, 2 .....	18, 19
Tranzistorové zapalování .....	20
Nízkofrekvenční technika .....	21
Jednoduchý hi-fi zesilovač 2x 40 W .....	21
Zesilovač 2x 50 W s LM4780 .....	25
Zesilovač 2x 20 W s TDA1554Q .....	27
Zesilovač s IO TA8210AH .....	28
Korekční zesilovač pro přenosku .....	30
Kor. zes. pro přenosku s NJM4580 .....	32
Napájecí zdroje 1, 2, 3 .....	33, 35, 36
Závěr, literatura .....	37
<b>ZAJÍMAVÁ A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ</b>	
Radiotechnika .....	38

## KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO

**Vydavatel:** AMARO spol. s r. o.

**Redakce:** Zborovská 27, 150 00 Praha 5, tel.: 257 31 73 11, tel./fax: 257 31 73 10.

Šéfredaktor ing. Josef Kellner, sekretářka redakce Eva Marková, tel. 257 31 73 14.

**Ročně vychází 6 čísel.** Cena výtisku 36 Kč.

**Rozšiřuje** PNS a. s., Transpress spol. s r. o., Mediaprint & Kapa a soukromí distribuтор.

**Předplatné** v ČR zajišťuje Amaro spol. s r. o. - Michaela Hrdličková, Hana Merglová (Zborovská 27, 150 00 Praha 5, tel./fax: 257 31 73 13, 257 31 73 12). Distribuci pro předplatitele také provádí v zastoupení vydavatele společnost Mediaservis s. r. o., Zákažnické Centrum, Moravské náměstí 12D, P. O. BOX 351, 659 51 Brno; objednávky tel.: 541 233 232; fax: 541 616 160; e-mail: zakažnickecentrum@mediaservis.cz; reklamace - tel.: 800 800 890.

**Objednávky a předplatné** v Slovenské republice vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Šustekova 8, 851 04 Bratislava, tel.: 00421 2 / 6720 1931 - 33 email: predplatne@press.sk ; www.press.sk Podávání novinových zásilek povoleno Českou poštou - ředitelstvím OZ Praha (č.j. nov 6005/96 ze dne 9. 1. 1996).

**Inzerci** v ČR přijímá redakce, Zborovská 27, 150 00 Praha 5, tel.: 257 31 73 11, tel./fax: 257 31 73 10.

**Inzerci** v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Šustekova 8, 851 04 Bratislava, tel.: 00421 2 / 6720 1931 - 33 ; www.press.sk

Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor (platí i pro inzerci). Nevyžádané rukopisy nevracíme. <http://www.aradio.cz>; **E-mail:** pe@aradio.cz

ISSN 1211-3557, MK ČR E 7443

© AMARO spol. s r. o.

# Z dějin vědy a techniky

## Historie elektřiny a magnetizmu

### Holografie a její vývoj

Pokud se chceme dopátrat počátků, ve kterých celý oboh holografie vznikl, musíme zabrousit až do poválečného období.

V roce 1947 v Anglii žijící vědec maďarského původu Dennis Gabor pracoval v oblasti elektronové mikroskopie a snažil se nějakým způsobem zlepšit rozlišovací schopnost, kterou se tehdy vyznačovaly. Když se ho tehdy ptali přátelé, na čem pracuje, odpovídal že hledá neviditelné. Když poprvé uveřejnil své úvahy, které byly sice podepřeny nějakými, ale velmi chabými výsledky, a předpověděl budoucí možnosti oboru, který nazval holografii (z řeckých slov holos a grafein což lze přeneseně přeložit slovy úplná zpráva či nenarušený obraz), vyvolalo to řadu reakcí tehdy známých fyziků, a to v obou směrech. Jedni Gabora považovali za fantastu, prozírávější jej oslavovali.

V té době byla jediným známým (ale nepříliš dokonalým) zdrojem koherentního světla rtuťová výbojka. Její záření však není zcela koherentní (význam tohoto slova je spojitý, souvislý; ve fyzice představuje vlnění o jednom kmotku se stejnou fází, které při interferenci zachovává stejný rozdíl fází), proto Gabor musel při svých prvých pokusech používat speciální clony a barevné filtry. První hologramy měly řadu nedostatků, obrazy byly zkreslené a obvykle dvojitě, navíc na nich byly tmavé skvrny, takže praktické uplatnění neměly. Změna nastala teprve po roce 1960, kdy byl objeven laser (Theodor Meiman - rubínový laser). Jeho světlo je vysoce intenzivní a pro pořizování hologramů doslova ideální.

V roce 1962 pracovníci Michiganské university Emmet Leith a Janis Upatnieks při práci na výzkumu v oblasti radarové techniky přišli na to, že by se hologramy daly využít k prostorovému zobrazení - lépe řečeno, k záznamu prostorových objektů na dvourozměrné medium. Jejich první obrazy zaznamenané holografickou technikou jsou známé na celém světě (je to model vláčku a pták) a byly nesmírně věrné - při pozorování se jejich prostorový obraz měnil stejně, jako bychom pozorovali skutečný objekt umístěný volně v prostoru. Na hologramu se zaznamenává nejen intenzita světla, které v daném místě dopadá, ale i jeho fáze po odrazu od fotografovaného předmětu.

Princip záznamu holografického obrazu a jeho opětovné zobrazení ukazují

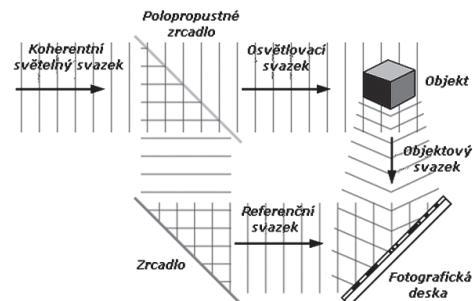
obr. i. a obr. ii. převzaté z internetové encyklopédie Wikipedia.

V roce 1962 zkombinoval Jurij Denisjuk principy holografie s poznatky Gabriela Lippmana, který se zabýval hlavně barevnou fotografií. Dokázal po prvé na světě, že lze vytvořit hologram viditelný i při obyčejném světle žárovky. Týmy vědců začaly pracovat na tzv. reflexní holografii a jejich práce byla završena v roce 1965 získáním patentu.

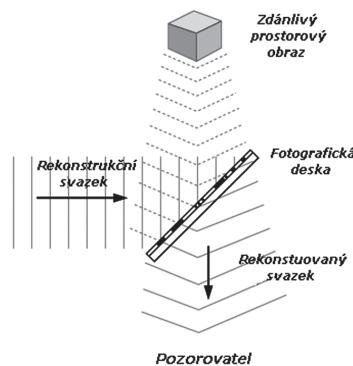
Jiná skupina pracovala na využití holografických metod v průmyslu a hlavně v letectví - používali k tomu velmi krátké (rádiové nanosekundy) záblesky rubínového laseru, což umožnilo zobrazovat i velmi rychlé změny - např. deformace materiálů při vibracích apod.

Nakonec D. Gabor získal v roce 1971 za svůj objev holografie Nobelovu cenu.

Princip holografie přesto, že byl objeven a vyzkoušen, měl zprvu význam



Obr. i. Schema záznamu hologramu. Koherentní světelný svazek dopadá na děli světla (polopropusné zrcadlo) a dělí se na dva svazky. Jeden osvětluje zaznamenávaný objekt a odraží se od něj. Druhý (referenční) jede mimo a odraží se od zrcadla. Oba svazky spolu interferují na fotografické desce, na které vzniká hologram.



Obr. ii. Schéma rekonstrukce (zobrazení) hologramu. Použijeme jen jeden svazek koherentního světla (ve stejném směru, jaký měl referenční svazek). Po průchodu záznamovým mediem (fotografickou deskou) vzniká zdánlivý obraz objektu.

jen pro laboratorní účely. V roce 1967 se ale objevil ve vědecké ročenky hologram o rozměrech pohlednice a v též roce se také začaly ve světě pořádat výstavy hologramů, za ohromného zájmu veřejnosti. V roce 1968 se objevila možnost holografického zobrazení pro televizní přenosy při využití běžného osvětlení, ovšem vzhledem k náročnosti snímací a hlavně zobrazovací aparatury (váha, rozměry i cena) zůstalo dodnes prakticky jen při laboratorních pokusech.

Další pokrok v oblasti holografie přinesl Dr. Stephen Benton z MIT (Massachusetts Institute of Technology) tzv. „vytláčovanou technologii“, která se ohromně rozšířila a dnes ji známe jako zcela běžný ochranný prvek na bankovkách, platebních kartách a všude tam, kde potřebujeme chránit výrobek proti padělatelství jako tzv. ochrannou známku. V roce 1972 Lloyd Cross přivedl holografickou techniku na filmové plátno, takže i tam bylo možné vytvořit představu trojrozměrného zobrazení.

Dlouhá léta se na výzkumu podílela také společnost Polaroid Corporation. Jeden z jejich zaměstnanců, Pieter van Heerden přišel na způsob, jak by bylo možné holografii využít pro záznam dat. Dnes jsou běžně používané CD a DVD nosiče a paprsek laseru slouží jak k vypalování „panenských“ nosičů, tak k jejich snímání prakticky v každém běžném počítači, vybaveném CD či DVD mechanikou; zde se však nejedná o holografickou techniku v pravém slova smyslu, i když základní princip je podobný. Pravé holografické nosiče datových záznamů mohou zaznamenávat ohromné objemy dat - můžeme si je představit uspořádané do stránek knihy, přičemž každá stránka je na nosiči nahraná světlem laseru pod jiným úhlem. V březnovém čísle roku 1984 světově proslulý časopis National Geographic použil hologram na vytvoření své obálky a v též čísle vyšlo obsáhlé pojednání holografie. Největší a nejobřáklejší museum holografických zobrazení - od prvních pokusů až k dnešním dokonalým obrazům je od roku 1993 přístupné na Institutu MIT v Cambridge. Dnes dokonce existují hologramy pořízené pomocí ultrazvuku.

V listopadu 2003 zemřel objevitel hologramů viditelných v bílém světle S. A. Benton, v prosinci 2005 Emmet N. Leith a v květnu 2006 Jurij Denisuk.

## Dennis Gabor

Dennis Gabor se narodil v Budapešti 5. 6. 1900 a na jeho rodném listě je zapsáno jméno Gábor Dénes. Již jako patnáctiletý se začal zajímat o fyziku. Se svým mladším bratrem si doma zařídili malou laboratoř, kde opakovali v té době v literatuře popisované pokusy, včetně roentgenova záření a radioaktivitu. V Maďarsku se tehdy fyzika ne-přednášela jako samostatný studijní obor, takže studia dokončil v Berlíně na technické vysoké škole, kde v roce

1924 získal diplom elektrotechnického inženýra. V té době byl Berlín známý významnými vědci - přednášeli tam např. Einstein, Planck a řada dalších. Gabor se ve své doktorské práci, kterou obhájil roku 1927, zabýval otázkami souvisejícími s rychlými osciloskopy a magnetickým vychylováním elektrovýbojkového paprsku v obrazovce.

Roku 1927 získal zaměstnání u firmy Siemens-Halske, kde pracoval na vývoji vysokotlakých rtuťových výbojek a později se zabýval možnostmi uplatnění i dalších plynů ve výbojkách. Po příchodu Hitlera k moci v Německu odešel nakrátko zpět do Maďarska a nаконec odejel do Anglie, kde až do roku 1948 dále pokračoval v týmu výzkumníků na pracích týkajících se hlavně výbojů ve zředěných plynech. V poválečném období se také zabýval teorií informací, pracoval na objevu stereoskopického filmu a od roku 1948 byla jeho převažujícím zájmem holografie a elektronové mikroskopie s cílem zobrazení až jednotlivé atomů hmoty. V letech 1950 až 1953 spolupracoval ještě s laboratoří AEI v Aldermastonu. Mezitím jeho objev holografie získal obecnou popularitu a konaly se i první pokusy s akustickou holografí.

V roce 1949 nastoupil na Imperial College of Science and Technology v Londýně, kde přednášel elektroniku a v roce 1958 se stal na tomto ústavu řádným profesorem aplikované elektro-fyziky. Roku 1967 odešel do penze a o sám období své profesury považoval za svá nejlepší léta, neboť se mohl věnovat problémům, které jej zajímaly od mládí. Věnoval se skutečné výzkumu interakce elektronů, pracoval s Wilsonovou komorou na mezních možnostech ionizace, na výzkumu mikroskopu na holografickém principu, rychlých elektronových spektroskopech, teorii magnetronů, plazmy apod.

Ani po penzionování však nezahálel a se svým dlouholetým přitelem Dr. P. C. Golgmarkem pracoval na rozvoji nových možností komunikací, na výzkumu zobrazení hodin displejů a osobně se stále více zabýval filozofickými otázkami vývoje civilizace využívající stále ve větší míře průmyslové produkty; na toto téma vydal také tři knihy. Celkem mu bylo přiznáno více než 100 patentů. Zemřel v Londýně 8. 2. 1979. V Potsdamu, kde sídlí výzkumný ústav technologický, je na jeho počest po něm pojmenována ulice, Maďarsko vydalo známku s jeho portrétem.

---

A ještě vědec z oblasti výpočetní techniky, blízký spolupracovník J. V. Atanasoffa (viz KE 2/2005):

## Clifford E. Berry

Narodil se v Gladbrooku ve státě Iowa 19. 4. 1918 jako prvorozený. Když byl ještě malým chlapcem, jeho otec Fred měl ve své opravárenské dílně mnoho různých elektrických přístrojů. Zabýval se vším možným a v této dílně také sestavil první radiopřijímač ve

městě. Malý Clifford s ním pobýval často, a tak byl svědkem nejrůznějších pokusů a elektrotechnika jej velice zajímal. Sám si své první rádio sestrojil, když mu bylo 11 let. Jeho učitel si všiml jeho zaujetí a hlavně smyslu pro precizní práci a přemluvil rodiče, aby jej nechal dálé studovat. Přestěhovali se do malého města Marengo, kde jeho otec získal místo vedoucího v úřadu elektrárenské společnosti. Když byl ve 2. ročníku vyšší školy, jeho otec byl zasažen elektrickým proudem a zemřel. Matka jej pak nechala dostudovat na státní kolej v lowě.

Jedním z jeho profesorů byl Harold Anderson, přednášející elektrotechniku. Byl překvapen, s jakým zaujetím se venuje laboratorním pokusům, a doporučil jej jako pomocníka svému příteli Atanasoffovi. Tak se na jaře roku 1939 setkali dva budoucí spolupracovníci a od té chvíle se jejich debaty zaobírali tím, co Atanasoffa pronásledovalo již delší dobu - koncepcí možného sestrojení digitálního výpočetního stroje. Hned také začali pracovat na prototypu a v prosinci téhož roku jej již mohli předvést. Atanasoff tak získal grant ve výši 850 dolarů od státní vědecké komise, aby mohl pokračovat v práci na sestrojení dokenalejšího stroje k výpočtu rovnic. Během dalšího půl roku dospěli tak daleko, že Atanasoff selsal za Berryho asistence 35stránkové pojednání „Computing Machines for the Solution of Large Systems of Linear Algebraic Equations“. Jednu kopii pak zaslali do Chicaga Richarda R. Traxlerovi, který se jako právnik zabýval patentovými záležitostmi.

Pak začala světová válka a práce na jejich počítači se zastavily. Atanasoff pracoval na obranných projektech v laboratoři ve Washingtonu, Berry se v roce 1942 oženil se sekretářkou Atanasoffou a snažil se dokončit studia.

Doktorát obhájil v roce 1948, ale záležitosti kolem výpočetní techniky jej již míjely. Začal pracovat na vedoucích místech, nakonec se stal technickým ředitelem analytické a kontrolní skupiny C.E.C. a v roce 1963 vedoucím pracovníkem Vacuum Electronic Corporation ve státě New York. 30. října 1963 však zemřel - dříve, než se za ním stáčila přestěhovat jeho rodina. Do té doby získal celkem 30 patentů vesměs z oboru spektrometrie a vakuové techniky, dalších 13 jich bylo podáno k vyřízení ještě než zemřel. Přesto, že spolupráce s Atanasoffem netrvala dlouho, na zhotovení a dokončení projektu počítače ABC má velký podíl. Jejich původní počítač byl nakonec „oprášen“ a byla zhotovena jeho funkční replika.

QX

## Literatura

- [1] Stroke, G., W.: An Introduction to coherent optics and holography. Academic press, New York, London 1969
- [2] [www.holophile.com](http://www.holophile.com), [www.wikipedia.org/holography](http://www.wikipedia.org/holography), [www.nobelprize.org](http://www.nobelprize.org)

# UŽITEČNÁ ZAPOJENÍ Z DLOUHOLETÉ PRAXE IV

Ing. Zdeněk Zátopek

Vážení čtenáři tohoto již čtvrtého pokračování „Užitečných zapojení z dlouholeté praxe“, dovolte mi, abych vám poděkoval za dlouhodobý zájem o konstrukce publikované v předchozích dílech.

Obsah tohoto čísla KE zůstal tradiční a rozdělil jsem ho do dvou kapitol: elektronika pro motoristy a nf technika.

## Úvod

Během výběru konstrukcí a psaní textu pro toto číslo KE mi napsalo mnoho čtenářů, ať již dopisem anebo e-mailem, kteří chtěli otisknout konstrukce z nejúznejších oblastí elektroniky, případně vznášeli dotazy na inovace některých již publikovaných přístrojů.

I když se to na první pohled možná nezdá, ale nadále je nejvíce žádostí v oblasti pro motoristy, a jsou zaměřené na další nabíječe olověných startovacích akumulátorů a na různá měřicí zařízení a doplňky pro běžného motoristu. Dá se konstatovat, že takových konstrukcí již bylo uveřejněno nepřeberné množství, ale zájem o případně jiné typy neustává.

Další skupina fandů bastlení požaduje aplikace z nízkofrekvenční techniky, a to převážně korekční předzesilovače a koncové výkonové stupně.

V tomto KE ukončíme předchozí velice vděčnou tématiku a v případě dalších dílů tohoto seriálu se již budeme zabývat měřicími přístroji a konstrukcemi pro chalupu, zahradu a volné chvíle. Pokud bude zájem o předchozí tématiku trvat, mohu několik konstrukcí z této oblasti přidat.

Ke stavbě přístrojů využívám převážně svých „šuplíkových“ zásob, případně nějakou „novinku“ objevenou při občasných toulkách v českých obchodech s elektronickými součástkami.

Konstrukce z oblasti nízkofrekvenční techniky vybrané do tohoto čísla KE pokrývají největší oblast žádostí a dotazů. Při průměrné zdatnosti a dovednosti amatéra jsou plně funkční a nevyžadují příliš mnoho speciálních součástek, v mnoha případech dovolují použít součástky „co dům daří“.

Těm, kteří si podle tohoto čísla KE sestojí a oživí alespoň jednu konstrukci, přejí mnoho úspěchů v jejich zájmové činnosti a věřím, že rozšíří řady aktivních amatérů.

Konstrukční podklady jsou i nyní na kresleny a navrženy systémem Formi-

ca v jeho poslední aktualizované verzi 4.40.

Rád bych ještě na úvod řekl několik poznámek autora. Dostal jsem znovu dotazy ohledně různých technických řešení a na případné inovace vybraných publikovaných konstrukcí. Též jsem obdržel dotazy na poskytnutí metodiky při výpočtu a navrhování některých součástek v konstrukcích již dříve anebo nyní otištěných a na možnost nahradit součástek jinými typy nebo i českými ekvivalenty.

Mezi nejčastější dotazy patří nastínit způsob navrhování hodnot potenciometrů, kondenzátorů a rezistorů v nízkofrekvenčních korekčních zesilovačích. Dotazy se též týkají náhrad tranzistorů nebo integrovaných obvodů apod.

Další velká skupina dotazů se týkala výpočtu odporů rezistorů napěťového děliče v nabíječi olověných akumulátorů s obvodem UC3906N a dalších zkušenosí s provozem tohoto nabíječe a také případných inovací nabíječe IO L200.

A co mě nejvíce mile překvapilo, byly dotazy na korekční předzesilovače pro magnetodynamikou přenosu, a u začínajících amatérů ve věku 10 až 12 let, kteří se pravděpodobně inspirovali krystalkami a reflexními přijímači uváděnými v předcházejících dílech, žádostí o publikování dalších konstrukcí s podrobným návodem sestavení. Mohu je touto cestou ujistit, že v dalším čísle KE se pokusím jim částečně vyhovět.

Nyní již pěkně po pořádku k jednotlivým dotazům.

K návrhu hodnot součástek nízkofrekvenčních korekčních obvodů, který jsem uvedl v minulém KE, přišly dotazy, ze kterých vyplynulo, že některé kroky nebyly pochopeny zcela správně. Proto se pokusím uvést jiný a často používaný způsob návrhu nf korektoru.

Schéma plynule proměnného zpětnovazebního nf korektoru hloubek a výšek je na obr. I, jeho kmitočtová charakteristika je na obr. II.

Výpočet zpětnovazebního korektoru v amatérských podmínkách musí vycházet ze zjednodušených předpokladů:

1. Vnitřní odpor zdroje signálu je nejméně o řád menší než nejmenší vstupní impedance korektoru.

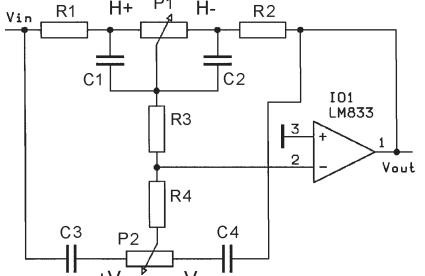
2. Vstupní impedance vlastního zesilovače je nejméně o řád větší než impedance korektoru.

3. Kritický kmitočet  $f_{LB}$  je mnohem větší než  $f_L$  (kmitočty zlomu regulace hloubek).

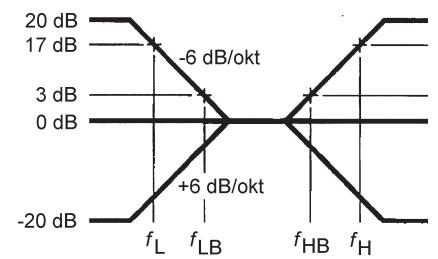
4. Kritický kmitočet  $f_H$  je mnohem větší než  $f_{HB}$  (kmitočty zlomu regulace výšek).

Aby byl referenční kmitočet 1 kHz ovlivňován korektorem co nejméně, volíme jednotlivé kmitočty zlomu a jím odpovídající časové konstanty  $\tau = 1/(2 \cdot \pi \cdot f)$  např. takto:

$$\begin{aligned}f_L &= 50 \text{ Hz}, & \tau_1 &= 3180 \mu\text{s}; \\f_{LB} &= 500 \text{ Hz}, & \tau_2 &= 318 \mu\text{s}; \\f_{HB} &= 1,1 \text{ kHz}, & \tau_3 &= 145 \mu\text{s}; \\f_H &= 11 \text{ kHz}, & \tau_4 &= 14,5 \mu\text{s}. \end{aligned}$$



Obr. I. Plynule proměnný zpětnovazební korektor hloubek (P1) a výšek (P2)



Obr. II. Kmitočtové charakteristiky korektoru z obr. I

Pro zjednodušení výpočtu budeme dále předpokládat, že odpory  $R$  obou potenciometrů P1 a P2 jsou stejné, a dále, že  $R1 = R2$ ,  $C1 = C2$  a  $C3 = C4$ .

Pro krajní polohu běžce potenciometru P1 pak přibližně platí:

$$\begin{aligned}\tau_1 &= C1 \cdot R, & \text{pak: } C1 = C2 = \tau_1 / R, \\ \tau_2 &= C1 \cdot R1, & \text{pak: } R1 = R2 = \tau_2 / C1.\end{aligned}$$

Dále platí:

$$\tau_3 = C3 \cdot R, \quad \text{pak: } C3 = C4 = \tau_3 / R.$$

Odpory oddělovacích rezistorů vyčítáme ze vztahů:

$$R3 = \tau_1 / C1 \quad \text{a} \quad R4 = \tau_4 / C3.$$

Konkrétní případ návrhu:

Volíme  $P = P1 = P2 = 100 \text{ k}\Omega$  s lineárním průběhem odpovědové dráhy.

$$\text{Pak } C1 = C2 = 3180 \cdot 10^{-6} / 100 \cdot 10^3 =$$

$$= 31,8 \cdot 10^{-9} [\text{s}, \Omega; \text{F}], \text{ použijeme } 33 \text{ nF}.$$

$$R1 = R2 = 318 \cdot 10^{-6} / 33 \cdot 10^{-9} = 9,6 \cdot 10^3 [\text{s}, \text{F}; \Omega], \text{ použijeme } 10 \text{ k}\Omega.$$

$$C3 = C4 = 145 \cdot 10^{-6} / 100 \cdot 10^3 = 1,45 \cdot 10^{-9} [\text{s}, \Omega; \text{F}], \text{ použijeme } 1,5 \text{ nF}.$$

$R3 = 3180 \cdot 10^{-6} / 33 \cdot 10^{-9} = 96 \cdot 10^3 [\text{s}, \text{F}; \Omega]$ , vzhledem k požadované zpětné vazbě použijeme nejbližší menší hodnotu, tj. 82 kΩ.

$$R4 = 14,5 \cdot 10^{-6} / 1,5 \cdot 10^{-9} = 9,7 \cdot 10^3 [\text{s}, \text{F}; \Omega], \text{ použijeme } 10 \text{ k}\Omega.$$

Zvětšení nebo zmenšení zisku korektoru v krajních polohách potenciometrů P1 nebo P2 volíme zpravidla maximálně 20 dB. Větší hodnoty nejsou vhodné, protože by se mohly přebudit následující části elektroakustického řešení.

Tento typ korektoru má mít jednu polohu, ve které jsou korekční členy vyřazeny a zesilovač má zcela plohou kmitočtovou charakteristiku. Tato poloha je zajištěna natočením běžců regulačních potenciometrů do poloviny jejich odpovědové dráhy (musí být použity lineární potenciometry).

Další časté dotazy se týkají nahradby jednotlivých součástek.

Mohu znovu ujistit všechny konstruktéry, že rezistory jsou běžné miniaturní vývodové metalizované s tolerancí 1 %. Jejich výkonová zatižitelnost, pokud není uvedeno jinak, je 0,5 až 0,6 W podle druhu výrobce a prodejce elektronických součástek. Dnes je tento typ rezistorů zcela běžný a levný. Samozřejmě lze bez nejmenších problémů použít místo rezistorů, které nevyžadují toleranci odporu 1 %, i uhlíkové rezistory starší řady TR 112a, které kdysi vyráběla TESLA a jsou dostupné v různých výprodejích. Protože jsem však takové uhlíkové rezistory v „mých“ elektronických obchodech již dlouho neviděl, a na jejich pultech jsou rezistory s kovovou vrstvou a tolerancí 1 %, tak je ve všech konstrukčních takto uvádím.

Kondenzátory jsou keramické (známé označení TK) nebo svitkové velice

kvalitního a v minulosti hodně používaného typu TC350 až TC352.

Potenciometry typu Piher jsou nahrazovány lacinějšími českými potenciometry řady TP160 a TP280, které stále vyrábí společnost Elektronické součástky Ostrava, i když se poslední dobou svou cenou začínají podobat potenciometrům jiných výrobců.

Tranzistory jsou výslovně univerzální typy s vodivostí NPN a PNP, jaké tvoří největší objem „šuplíkových“ zásob amatéra.

Diody ve většině případů použijeme také „co dům dal“, jen u některých typů musíme použít jako nahradu některou jinou z příslušné skupiny (např. Zenerovy diody, Schottkyho diody, LED atp.).

Věřím, že i toto číslo KE vás svým obsahem zaujmeme, udělá vám radost

a při čtení zůstanete jeho obsahu věrní až do konce.

Závěrem mi dovolte, abych touto cestou poděkoval všem, kteří se o obor elektroniky aktivně zajímají, a pro své potěšení ve volném čase „bastl“ třeba konstrukce z tohoto čísla KE.

Rovněž mi dovolte, abych touto cestou znovu poděkoval RNDr. Ivo Křívkovi a Ing. Petru Horskému, kteří na základě mých požadavků aktualizovali knihovny návrhového systému Formica a odstraňovali vzniklé technické problémy při sestavování tohoto čísla KE, cílem zvýšili užitnou hodnotu tohoto velice dobrého návrhového systému.

Dále děkuji Ing. Aleši Hamáčkovi, hlavnímu distributorovi systému Formica, za praktické ověření předloh některých vybraných konstrukcí při výrobě plosných spojů.

## Elektronika pro motoristy

### Inovované nabíječe olověných akumulátorů s UC3906N

Mezi oblíbené nabíječe akumulátorů patří tzv. „nabíjecí automaty“. Jejich princip je založen na speciálních integrovaných obvodech, které svou vnitřní konstrukcí jsou již od výroby uzpůsobeny nabíjecímu procesu tak, že obsluha nabíječe provádí jen zevrubnou kontrolou pomocí indikačních prvků a do procesu nabíjení nezasahuje vůbec. Cena těchto integrovaných obvodů je již na přijatelné úrovni a pomocí nich lze v amatérských podmírkách postavit špičkový nabíječ olověných automobilových akumulátorů.

Mezi oblíbené IO patří bezesporu typ UC3906N (UC2906N), což jste potvrzili i největším počtem zaslaných dotazů a námětů. Tento typ vykazuje velkou stabilitu v zapojení a dostatečnou variabilitu při navrhování a dimenzování výkonového stupně podle nároků konstruktéra na požadovaný výstupní nabíjecí proud. Jediná jeho nevýhoda spočívá v tom, že pracuje spojitě a nepulsně, což vytváří zvýšený nárok na výkon koncového regulačního stupně. Při dobrém chlazení výkonového regulačního stupně i tento problém odpadá.

Nabíječ s UC3906N si můžete sestrojit ve dvou univerzálních variantách, které se vzájemně liší jen v použití výkonového regulačního stupně. Popis jednotlivých funkcí bude uveden v verzích základní podle doporučeného zapojení výrobce a u druhé varianty budou popsány jen odlišnosti v zapojení.

#### Popis funkce (1. varianta)

Dnešní hermeticky uzavřené automobilové olověné akumulátory tzv. „bezúdržbové“ nelze nabíjet jednoduchou nabíječkou, protože s ní není vy-

loučena možnost jejich přebití a následného poškození. Optimální je použít k nabíjení a udržování v provozu takových akumulátorů nabíječ, který je doplněn řídicími obvody, které automaticky volí správný režim pro každou fázi činnosti nabíjecího procesu a každý napěťový stav nabíjeného akumulátoru.

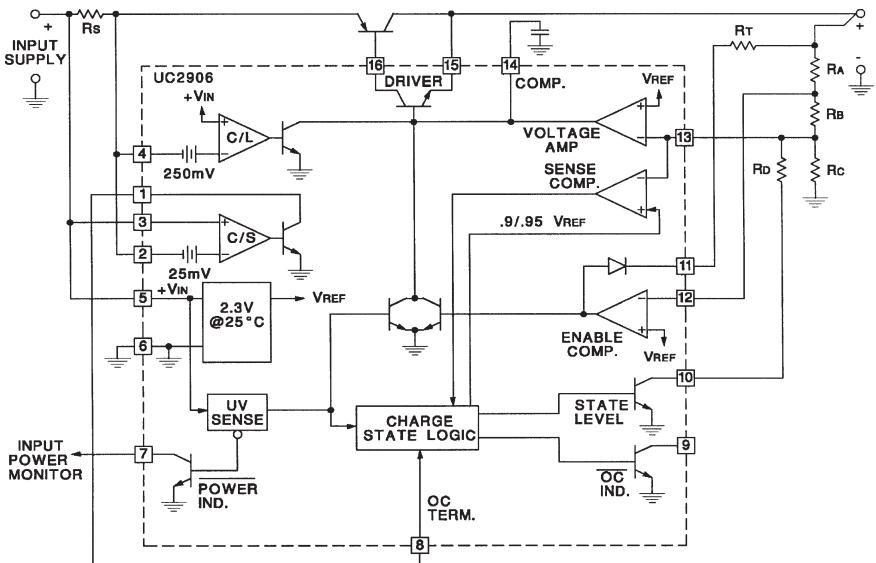
Chceme-li dosáhnout tohoto cíle, jsou takové regulační a nabíjecí obvody s běžnými elektronickými součástkami velice složité a tím náročné na stavbu, seřizování, spolehlivost i náklady na pořízení. Proto byly několika světovými výrobci integrovaných obvodů vyvinuty speciální monolitické obvody určené právě k těmto účelům, např. již zmíněný UC3906N (UC2906N).

Pro zjednodušení praktického návrhu nabíječe použijeme blokové schéma tohoto IO, které je na obr. 1. Průběhy napětí na akumulátoru a nabíjecího proudu v jednotlivých fázích nabíjecího procesu jsou na obr. 2.

Z obr. 1 je též patrné připojení vnějších obvodů s rezistory  $R_A$ ,  $R_B$  atd. k IO UC3906. V katalogových listech IO UC3906 je uveden výpočet odporu těchto rezistorů a též výpočet některých napětí z obr. 2:

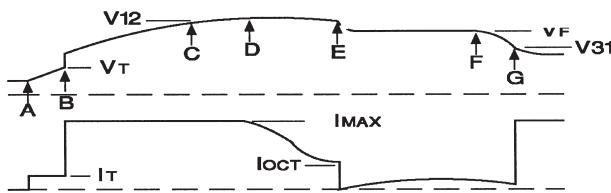
- 1)  $R_C = V_{REF}/I_D$ ,
- 2)  $R_A + R_B = R_{SUM} = (V_F - V_{REF})/I_D$ ,
- 3)  $R_D = V_{REF} \cdot R_{SUM} / (V_{OC} - V_F)$ ,
- 4)  $R_A = (R_{SUM} + R_X) \cdot (1 - (V_{REF}/V_T))$ ,  
kde  $R_X = R_C \cdot R_D / (R_C + R_D)$ ,
- 5)  $R_B = R_{SUM} - R_A$ ,
- 6)  $R_S = 0,25 \text{ V}/I_{MAX}$ ,
- 7)  $R_T = (V_{IN} - V_T - 2,5 \text{ V})/I_T$ ,
- 8)  $I_{OCT} = I_{MAX}/10$ ,
- 9)  $V_{12} = 0,95 \cdot V_{OC}$ ,
- 10)  $V_{31} = 0,9 \cdot V_F$ .

Příslušná napětí a proudy jsou voleny následovně:



Obr. 1. Vnitřní blokové schéma obvodu UC3906 (UC2906)

Obr. 2. Časové průběhy napětí na akumulátoru a nabíjecího proudu v jednotlivých fázích nabíjecího procesu při použití UC3906



$V_F = 14 \text{ V}$ ,  
 $V_{OC} = 14,5 \text{ V}$ ,  
 $V_{REF} = 2,3 \text{ V}$ ,  
 $V_T = 10,5 \text{ V}$ ,  
 $I_T = 25 \text{ mA}$ ,  
 $V_{IN} = 16,5 \text{ V}$ ,  
 $I_D$  se volí v rozsahu 50 až 100  $\mu\text{A}$  tak, aby odpory rezistorů  $R_A$ ,  $R_B$ ,  $R_C$  a  $R_D$  byly z řady E12. V popisovaném nabíječi bylo zvoleno  $I_D = 70 \mu\text{A}$ .

Konkrétní výpočet jednotlivých veličin:

$$\begin{aligned} V_{12} &= 0,95 \cdot V_{OC}, \quad V_{12} = 13,775 \text{ V}, \\ V_{31} &= 0,9 \cdot V_F, \quad V_{31} = 12,6 \text{ V}, \\ R_C &= V_{REF}/I_D, \quad R_C \approx 34,5 \text{ k}\Omega, \\ R_{SUM} &= (V_F - V_{REF})/I_D, \quad R_{SUM} = 175,94 \text{ k}\Omega, \\ R_D &= (V_{REF} \cdot R_{SUM})/(V_{OC} - V_F), \quad R_D \approx 809 \text{ k}\Omega, \\ R_A &= (R_{SUM} + R_X) \cdot (1 - V_{REF}/V_T), \quad R_A \approx 161 \text{ k}\Omega, \\ R_X &= R_C \cdot R_D / (R_C + R_D), \quad R_X \approx 33 \text{ k}\Omega, \\ R_B &= R_{SUM} - R_A, \quad R_B \approx 15 \text{ k}\Omega, \\ R_T &= (V_{IN} - V_T - V_{REF})/I_T, \quad R_T = 168 \Omega. \end{aligned}$$

Vypočtené odpory jsou tvořeny sériovou nebo paralelní kombinací odporů z řady E12.  $R_C \approx 34,5 \text{ k}\Omega$  je tvořen sériově zapojenými odpory 33 k $\Omega$  a 1,5 k $\Omega$ ,  $R_D \approx 809 \text{ k}\Omega$  je tvořen paralelně zapojenými odpory 1,5 M $\Omega$  a 1,8 M $\Omega$ ,  $R_A \approx 161 \text{ k}\Omega$  je tvořen paralelně zapojenými odpory 180 k $\Omega$  a 1,5 M $\Omega$ ,  $R_B \approx 15 \text{ k}\Omega$  je přímo z řady E12, místo  $R_T = 168 \Omega$  volíme 150  $\Omega$  nebo 180  $\Omega$ .

Podle předchozích vztahů lze s možejm vypočítat i jiné napěťové a proudové pomery v nabíjecím cyklu.

Pro běžnou potřebu lze přijmout závěr, že odchylka celkového odporu složených rezistorů do 1 % z vypočítané hodnoty není na závadu a celkový nabíjecí proces to významně neovlivní.

Ale nyní se již podívejme na podrobné schéma nabíječe na obr. 3.

Rezistor  $R_S$  je tvořen rezistorem R7 (a paralelním R7A), rezistor  $R_A$  je tvořen rezistory R9, R10, rezistor  $R_B$  je tvořen rezistorem R13, rezistor  $R_C$  je tvořen rezistory R11 a R12, rezistor  $R_D$  je tvořen rezistory R14, R15 a R20 a rezistor  $R_T$  je tvořen rezistorem R8.

Podle kapacity olověného akumulátoru zvolíme pomocí velikosti odporu rezistorů R7 a R7A maximální nabíjecí proud. Pro zjednodušení při výběru jsem zakoupil 2 kusy dvouwattových rezistorů (výkonově vyhovují) o nominálním odporu 0,1  $\Omega$  a zapojil je paralelně, takže výsledný odpor je 0,05  $\Omega$ . Z toho lze jednoduše podle dříve uvedených vzorců vypočítat, že maximální nabíjecí proud je asi 5 A, což je pro automobilový olověný akumulátor 44 Ah standardně montovaný do vozů Škoda Fábia dostatečná velikost.

Při praktických zkouškách se ukázalo, že vlivem kladné odchylky odporu výkonových rezistorů je celkový odpor složeného rezistoru R7 větší, a tudíž nabíjecí proud je menší. V popisované konstrukci byl změřen 4,5 A.

Pokud nám nevyhovuje uvedená velikost maximálního nabíjecího proudu, můžeme změnou odporu rezistorů R7 a R7A nastavit jiný požadovaný nabíjecí proud. Vzhledem k tomu, že úbytek napětí na regulačním rezistoru je 0,23 až 0,25 V, vypočteme pro požadovaný maximální nabíjecí proud  $I_{NAB MAX}$  od-

por  $R7//R7A$  paralelní kombinace rezistorů R7 a R7A podle vztahu:

$$R7//R7A = 0,25 // NAB MAX.$$

Po zkušenostech z též dvouetého provozu původního modelu nabíječe s IO UC3906 a na základě námětů několika čtenářů jsem dospěl k závěru, že ke zvětšení celkové stability zapojení a zlepšení provozních vlastností a celkové užitné hodnoty je nutné zabezpečit jeho větší univerzálnost. Proto byla v nabíječi upravena silová napájecí část a obvod pro indikaci jednotlivých nabíjecích stavů a podle předchozího popisu byl přepracován odporný dělič napětí z akumulátoru.

Zároveň bylo zjištěno, že nejmenší tepelné ztráty (a tím i vyzařované teplo do okolí) vykazují výkonové tranzistory typu FET s kanálem N, a proto byl pro regulaci nabíjecího proudu použit výkonový transistor BUZ11.

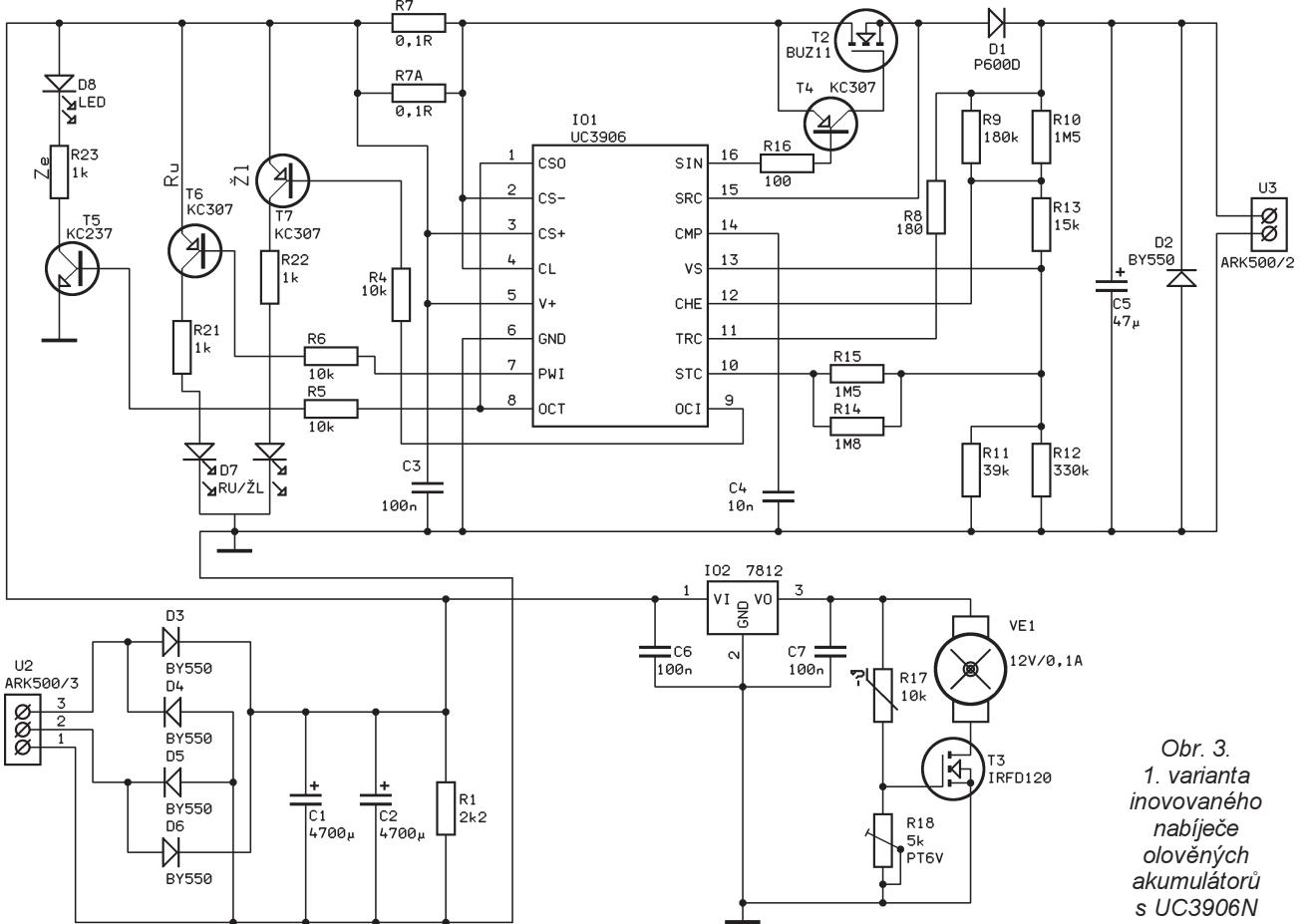
Napájecí část nabíječe je navržena tak, že lze bez nejmenších obtíží použít i transformátor se středním vývodem sekundárního vinutí, takže místo čtyř usměrňovacích diod stačí použít pouze dvě.

V této konstrukci však byly použity diody čtyři, protože se mi podařilo velice výhodně v elektrobazaru zakoupit výkonový transformátor složený z plechu EI, který byl dimenzován na napětí 220 V/14,5 V/5 A. Při síťovém napětí 230 V poskytoval 15,2 V, což na spolehlivý provoz bohatě dostačovalo, a celý nabíječ se dal postavit do menší plastové skřínky.

Aby bylo možné v signalační části místo původních LED s provozním proudem 2 mA použít i LED o průměru 8 mm s provozním proudem 20 mA, je proud do LED v novém zapojení spínán tranzistory. Ke snížení počtu LED byla indikace jednoho stavu vyneschána (pokud však chceme, můžeme samozřejmě tuto indikaci ponechat) a na signalizaci zbylých dvou stavů byla využita dvoubarevná LED o průměru 8 mm.

Na vstupní svorkovnici U2 inteligentního nabíječe olověných akumulátorů je připojeno sekundární střídavé napětí o velikosti 15 až 20 V ze síťového transformátoru. Transformátor musí dodávat proud 5 A, takže je rozměrově velice přijatelný. Výkon transformátoru vychází 75 až 100 VA.

Sekundární střídavé napětí je usměrňováno diodovým můstkem tvořeným čtyřmi diodami BY550 (D3 až D6). Usměrněné napětí je dále vyzářováno elektrolytickými kondenzátory C1 a C2, rušivé napěťové špičky jsou potlačovány keramickým kondenzátorem C3. Náboj kondenzátorů C1 a C2 se po vypnutí nabíječe vybije rezistorem R1 o pracovním výkonu 2 W. Při opětovném zapojení nabíječe do sítě pak nevznikají napěťové a proudové špičky v regulačním obvodu, které by mohly způsobit nevratnou destrukci součástek.



Obr. 3.  
1. varianta  
inovovaného  
nabíječe  
оловěných  
akumulátorů

Aby se zmenšilo výkonové namáhání regulárního tranzistoru T2, je vhodné při větším sekundárním napětí (např. 20 V) vynechat vyhlažovací kondenzátor C2. Při sekundárním napětí 16 V však zapojíme oba kondenzátory C1 i C2.

Obvod IO1 je aplikován v doporučeném zapojení výrobce. Obvody indikace nabíjecího procesu obsahují 3 LED barev červené, žluté a zelené (LED červená a žlutá jsou v jednom pouzdru). Pracovní proud těchto LED je nastaven rezistory R21, R22 a R23.

K nabíječi připojíme ve správné polaritě nabíjený akumulátor. Nabíječ pak zapneme. Podle napětí akumulátoru zvolí řídící obvod IO1 správný režim nabíjení a řídí regulační tranzistor T2 tak, aby do akumulátoru tekl žádaný nabíjecí nebo udržovací proud. Zapnutí nabíječe je indikováno červenou LED označenou jako POWER (zapnuto).

Je-li napětí akumulátoru menší než 10,5 V, je šetrně dobijen proudem jen asi 25 mA tak, aby se opatrně oživil. Dobíjení tímto proudem trvá až do okamžiku, kdy dosáhne napětí na akumulátoru uvedeného minima (10,5 V). Podle stavu akumulátoru může tato etapa trvat i několik hodin, někdy i dnů, pokud je připojený akumulátor hluboce vybitý. V případě vadného akumulátoru se může stát, že napětí ani po mnoha hodinách nedosáhne požadované úrovni a akumulátor je nutno vyřadit.

Při napětí akumulátoru nad 11,4 V se nabíječ přepíná do režimu nabíjení konstantním proudem a akumulátor je nabijen konstantním maximálním prou-

dem 4,5 A. Dobíjení konstantním proudem trvá do té doby, dokud napětí akumulátoru nedosáhne velikosti 14,2 V. Tento režim je indikován zelenou LED označenou jako CURRENT (konstantní proud).

Přesáhne-li napětí na akumulátoru velikost 14,2 V, rozsvěcuje se žlutá LED označená jako OVER (konstantní napětí) a akumulátor se dále nabíjí maximálním proudem.

Dosáhne-li napětí na akumulátoru velikost 15,0 V, začne nabíjecí proud klesat z maximální hodnoty. V okamžiku, kdy proud poklesne na asi 100 mA, pohasne zelená i žlutá LED a rozsvítí se druhá žlutá LED označená jako FLOAT (udržovací režim). Indikace udržovacího režimu nebyla v konstrukci využita, i když s případným jejím použitím je na desce s plošnými spoji památkováno. Akumulátor je dobijen udržovacím proudem asi 0,45 A. Při poklesu napětí pod 14,2 V je akumulátor opět dobijen větším proudem.

Nabíječ nám podává prostřednictvím LED vizuální informaci, v jakém stavu se nachází nabíjecí proces připojeného akumulátoru. Aby se zmenšilo proudové zatížení výstupů obvodu UC3906 a aby bylo možné použít i LED s větším pracovním proudem, jsou mezi výstupy IO1 a LED zapojeny spínační tranzistory T5 až T7. Během provozu bylo totiž prokázáno, že bez těchto spínačních tranzistorů nastala v některých případech při pracovním proudu LED 15 až 20 mA vnitřní destrukce řídícího obvodu UC3906N.

K zamezení průchodu zpětného proudu z nabíjeného akumulátoru do nabíječe je za výkonový tranzistor zapojena dioda typu P600.

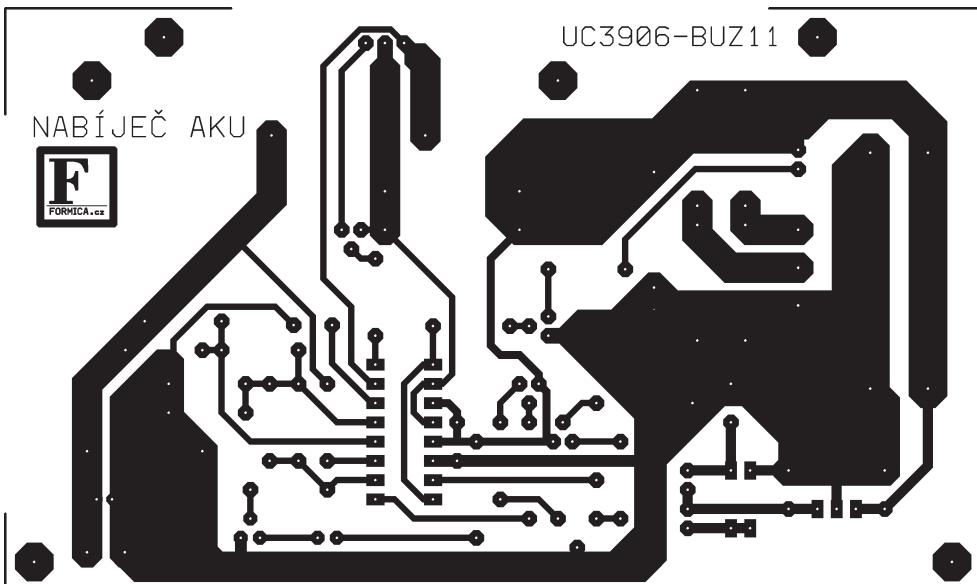
Mezi kladný pól výstupu nabíječe na svorkovnici U3 a kladnou svorkou pro připojení nabíjeného akumulátoru umístěnou na předním panelu skřínky nabíječe je zapojena tavná trubičková pojistka F1 dimenzovaná na proud 6 A. Tato pojistka F1 a dioda D2, připojená paralelně ke svorkovnici U3, chrání nabíječ při přepólování nabíjeného akumulátoru. Při přepólování akumulátoru teče diodou D2 jeho zkratový proud, tím se přeruší F1 a chybě připojený akumulátor se odpojí.

## Konstrukce

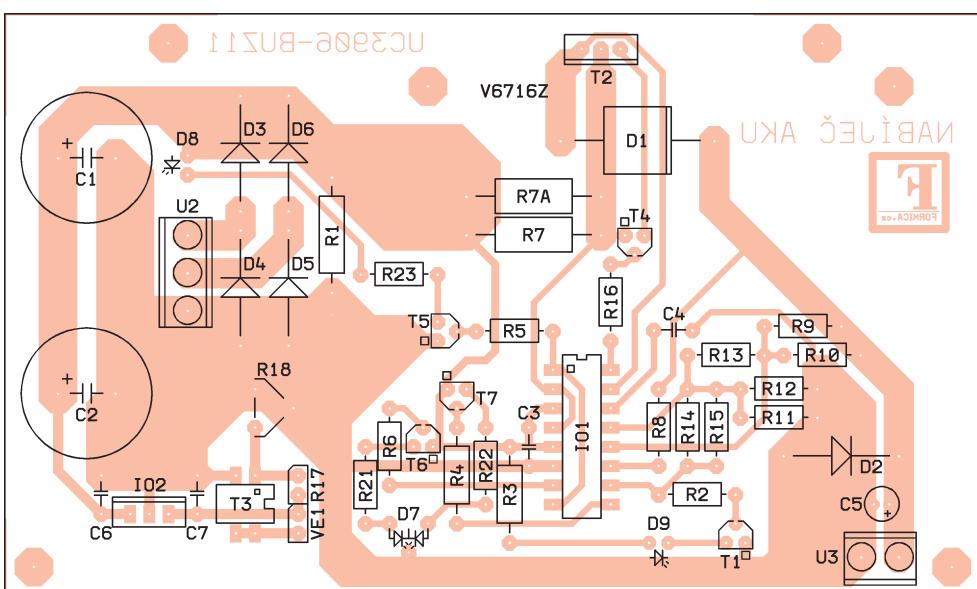
Součástky nabíječe jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 4, rozmístění součástek na desce je na obr. 5, fotografie dohotovené desky je na obr. 6.

Po zevrubné kontrole plošných spojů na desce a proměření součástek můžeme přistoupit k montáži nabíječe. Doporučuji osadit pro IO1 objímkou DIL16. Kondenzátory jsou běžné keramické a elektrolytické a není nutné je s ohledem na přesnost kapacity zvlášť vybírat. Rezistory jsou již předepsány s tolerancí odporu 1 %.

Zapojování součástek je jednoduché, nečiní žádné potíže a není záludné. Při použití předepsaných součástek bude tento inteligentní nabíječ pracovat na první zapojení.



Obr. 4.  
Obrazec  
plošných spojů  
1. varianta  
inovovaného  
nabíječe  
оловěných  
akumulátorů  
s UC3906N  
(měř.: 1 : 1)



Obr. 5.  
Rozmístění  
součástek na  
desce  
1. varianta  
inovovaného  
nabíječe  
оловěných  
akumulátorů  
s UC3906N

U tohoto nabíječe můžeme bez změny ostatních součástek nahradit tranzistor T2 tranzistorem V-MOS s kanálem P, a to typy IRF9540 nebo IRF9530, případně IRF5305. Nutno upozornit, že pak tranzistor T1 nezapojujeme a použijeme drátovou propojku mezi rezistorem R16 a řídící elektrodou tranzistoru T2. Výkonové tranzistory MOSFET mají podstatně menší odpor v sepnutém stavu než výkonové bipolární tranzistory (např. TIP147) a významně snižují nároky na velikost svého chladiče.

Jelikož jsem neměl k dispozici MOSFET s kanálem P, zvolil jsem pro regulaci proudu MOSFET s kanálem N a k němu předřadil tranzistor PNP s malým výkonom.

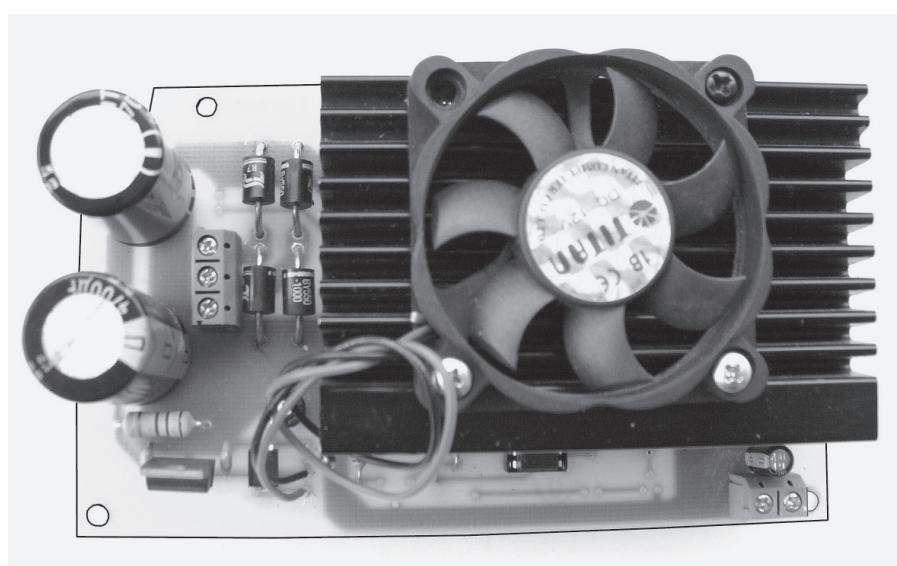
Skřínka automatického nabíječe je typizovaná řady K12. Deska s plošnými spoji je upevněna ke spodnímu dílu skřínky samořeznými šroubkami 2,5 x 12 mm a šrouby M3 x 20 mm přes plastové distanční sloupky o délce 7 mm, které jsou běžně dostupné v prodejnách s elektronickými součástkami. Vedle desky je ke spodnímu

dílu skřínky přišroubován síťový transformátor.

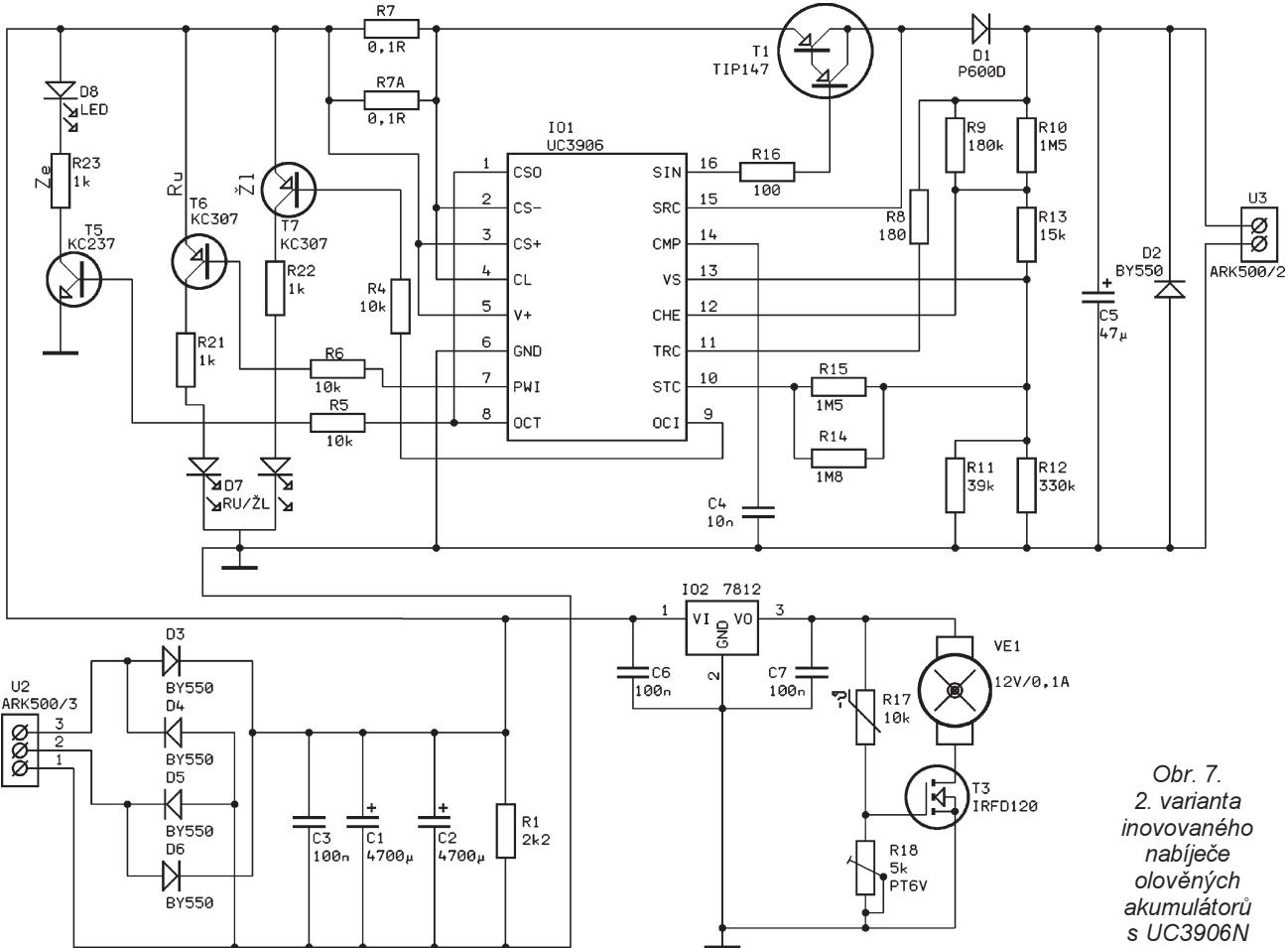
Na předním panelu skřínky jsou umístěny všechny LED a šroubovací přístrojové svorky pro připojení nabíje-

ného akumulátoru. Indikační LED mohou být i průměru 10 mm (byly ve vzorku použity).

Na předním panelu nabíječe je nalepen štítek s popisem, který je vytiskně



Obr. 6. Dohotovená deska nabíječe s UC3906N



Obr. 7.  
2. varianta  
inovovaného  
nabíječe  
olověných  
akumulátorů  
s UC3906N

barevnou laserovou tiskárnou na samolepicí lesklou bílou fólii Signolit (lze použít i matnou).

Na zadním panelu je umístěno pojistkové pouzdro s pojistkou F1 a vývod síťové šnury.

Fotografie nabíječe, ze kterých je patrné jeho mechanické řešení, jsou na čtvrté straně obálky tohoto čísla KE.

Mezi přivod sítě a primární vinutí transformátoru můžeme zařadit dvoupolový sítový vypínač dimenzovaný na proud alespoň 1 A. Tento vypínač je vhodné umístit na přední panel.

Místo plastové skřínky lze samozřejmě použít i skříňku kovovou podle vlastního návrhu nebo zakoupenou již

hotovou v obchodě s elektrozběžím. Nutno pak použít síťovou šňůru Flexo se třemi vodiči a skříňku připojit na nulovací vodič se žlutozelenou barvou izolace.

## 2. varianta nabíječe

Protože obvod UC3906N umožňuje s velkou variabilitou volit zapojení výkonového stupně podle požadovaného výstupního nabíjecího proudu, předkládám všem ještě variantu s Darlingtonovým tranzistorem PNP. Schéma je na obr. 7, obrazec plošných spojů je na obr. 9 a rozmištění součástek na desce je na obr. 10. Pohled na desku osazenou součástkami (ještě bez chladiče) je na obr. 11. Rozměry desky jsou stejně jako u první varianty nabíječe.

Obě varianty byly vyzkoušeny s velice kladnými výsledky co se týče spolehlivosti a bezpečnosti v praktickém provozu.

### Chlazení regulačního tranzistoru T2 nebo T1

Chlazení je vyřešeno velice jednoduše ventilátorem VE1, který ofukuje žebrováný chladič regulačního tranzistoru T2 nebo T1. Otáčky ventilátoru jsou regulovány tranzistorem T3 v závislosti na teplotě uvnitř skřínky, která je snímána termistorem NTC R17 o odporu 10 kΩ. Zapojení regulátoru otáček je stejné jako v minulých konstrukcích a v provozu se velmi osvědčilo.

Na obr. 8 je graf závislosti odporu termistoru NTC se jmenovitým odporem 10 kΩ při teplotě 25 °C na teplotě. Tato závislost se pro termistory rady NTC od různých výrobců liší jen velice nepatrně. Lze použít i termistor s větším odporem, pak by však bylo nutné zvětšit i odpor trimru R18.

Ventilátor je axiální o rozměrech 50 x 50 mm s provozním napětím 12 V.

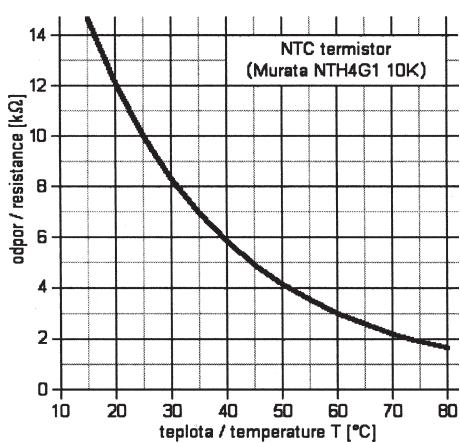
Se stoupající teplotou odpor termistoru R17 klesá, výkonový MOSFET T3 se otevírá a rychlosť otáčení ventilátoru se zvětšuje. Při snižování teploty je situace opačná.

Trimrem R18 nastavujeme na řídicí elektrodě tranzistoru T3 takové napětí, aby se T3 mírně pootevřel a ventilátor se pomalu otáčel. Takové nastavení využije možnost, aby se ventilátor otáčel trhavě při rozběhu z nulových otáček při nízké teplotě.

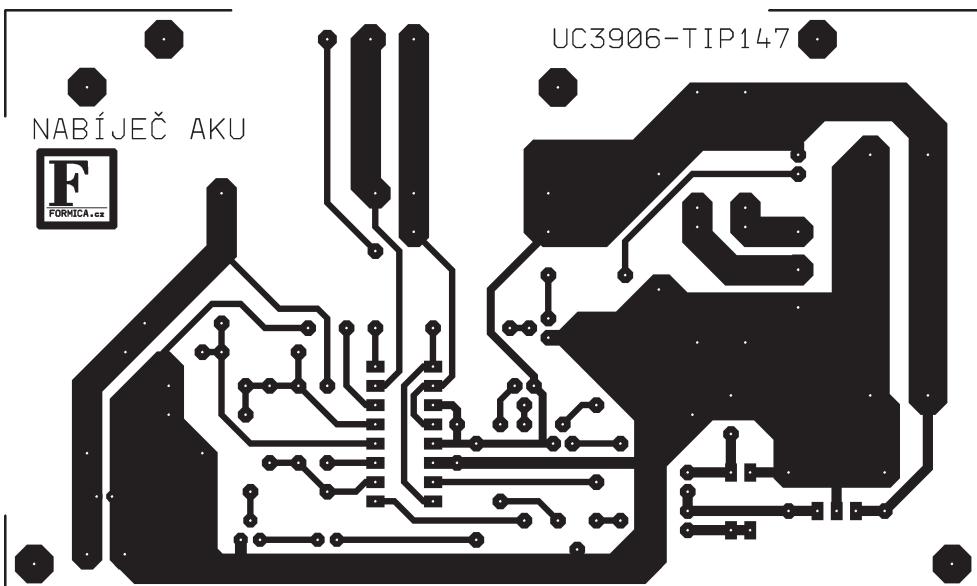
Termistor R17 může snímat teplotu uvnitř skřínky anebo může být v těsném kontaktu s chladičem, a pak snímá teplotu chladiče. V této nabíječce byla zvolena varianta snímání teploty uvnitř skřínky.

Pro zlepšení stability regulace otáček je v obvodu zapojen třívývodový stabilizátor pevného kladného napětí IO2 doplněný o nezbytné filtrační keramické kondenzátory C6 a C7.

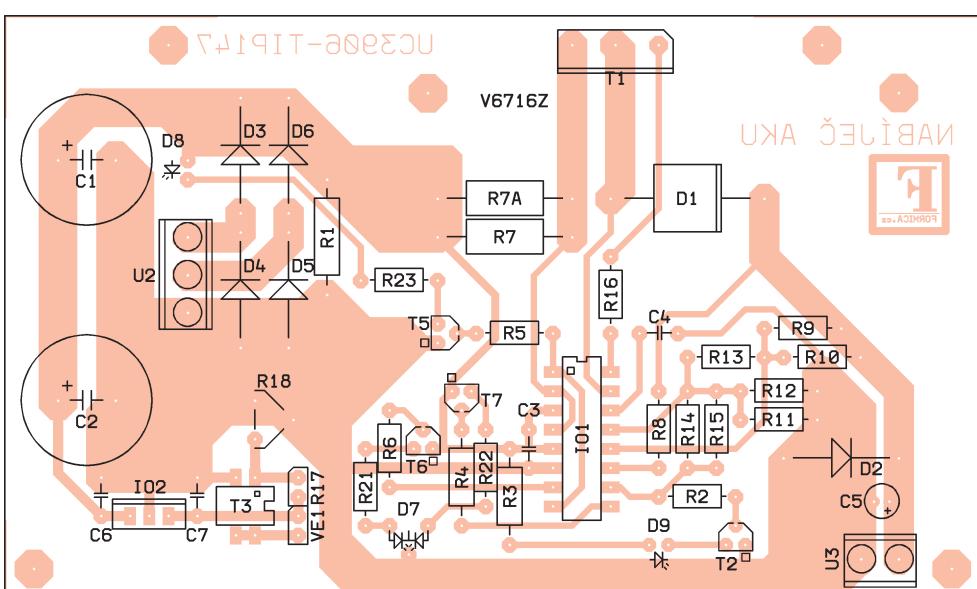
Praktické zkoušky a dlouhodobý provoz prokázaly, že ventilátor dostačuje chladit i usměrňovací diody D3 až D6 nabíječe.



Obr. 8. Závislost odporu termistoru NTC s jmenovitým odporem 10 kΩ na teplotě



Obr. 9.  
Obrázec  
plošných spojů  
2. varianta  
inovovaného  
nabíječe  
оловěných  
akumulátorů  
s UC3906N  
(měř.: 1 : 1)



Obr. 10.  
Rozmístění  
součástek  
na desce  
2. variantu  
inovovaného  
nabíječe  
оловěných  
akumulátorů  
s UC3906N

### Seznam součástek

#### 1. varianta nabíječe

R1	2,2 kΩ/2 W
R4	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5, R6	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R7, R7A	0,1 Ω/2 W
R8	180 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R9	180 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R10, R15	1,5 MΩ/1 %/0,5 W, metal.
R11	39 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R12	330 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R13	15 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R14	1,8 MΩ/1 %/0,5 W, metal.
R16	100 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R17	10 kΩ, termistor
R18	5 kΩ, trimr PT6V
R21 až R23	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1, C2	4 700 μF/35 V, radiální
C3, C6, C7	100 nF, keramický
C4	10 nF, keramický
C5	47 μF/35 V, radiální
D1	P600D
D2	BY550
D3 až D6	BY550
D7	dvojitá LED červená/žlutá 8 mm nebo LED červená 8 mm a LED žlutá 8 mm

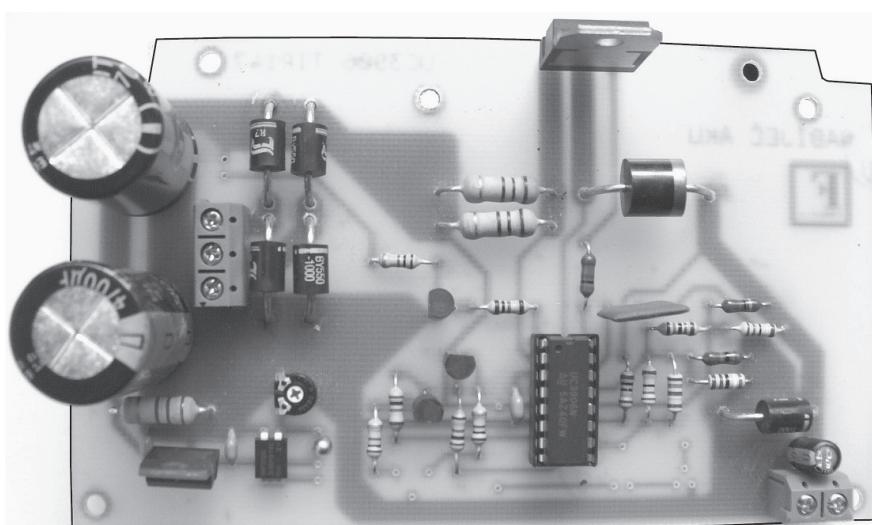
D8	LED zelená 8 mm
T1	TIP147
T3	IRFD120
T5	KC237
T6, T7	KC307
IO1	UC3906 (UC2906)
IO2	7812

U2

U3

VE1

ARK500/3, šroubovací svorkovnice třípólová  
ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová  
ventilátor 12 V/0,1 A,  
50 x 50 mm



Obr. 11. Deska (ještě bez chladiče) 2. varianta nabíječe s UC3906N

## 2. varianta nabíječe

R1	2,2 kΩ/2 W
R4	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5, R6	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R7, R7A	0,1 Ω/2 W
R8	180 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R9	180 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R10, R15	1,5 MΩ/1 %/0,5 W, metal.
R11	39 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R12	330 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R13	15 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R14	1,8 MΩ/1 %/0,5 W, metal.
R16	100 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R17	10 kΩ, termistor
R18	5 kΩ, trimr PT6V
R21 až R23	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1, C2	4700 μF/35 V, radiální
C3, C6, C7	100 nF, keramický
C4	10 nF, keramický
C5	47 μF/35 V, radiální
D1	P600D
D2	BY550
D3 až D6	BY550
D7	dvojitá LED červená/žlutá 8 mm nebo LED červená 8 mm a LED žlutá 8 mm
D8	LED zelená 8 mm
T2	BUZ11 (IRF540)
T3	IRFD120
T4	KC307(KF517)
T5	KC237
T6, T7	KC307
IO1	UC3906 (UC2906)
IO2	7812
U2	ARK500/3, šroubovací svorkovnice třípolová
U3	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová
VE1	ventilátor 12 V/0,1 A, 50 x 50 mm

## Inovovaný dobíječ olověných akumulátorů s IO L200

Jako další ukázkou nabíječů a dobíječů automobilových olověných akumulátorů si představíme velice jednoduchou inovovanou konstrukci, která využívá vlastnosti integrovaného obvodu L200. Bylo mnoho čtenářů, kteří chtěli navrhnut konstrukci bez transformátoru na desce s plošnými spoji a použít jinou vylepšenou indikaci stavu nabíjecího procesu.

Během dlouhodobého používání a ověřování funkce se inovovaný dobí-

ječ osvědčil a prokázal, že splňuje mé požadavky. Po zkušenostech z jeho provozu mohu konstatovat, že pracuje velice spolehlivě.

### Popis funkce

Schéma dobíječe s IO L200 je na obr. 12.

Síťové střídavé napětí 230 V se přivádí na primární vinutí síťového transformátoru dimenzovaného na výkon 30 VA. Mezi přívod sítě můžeme zařadit dvoupólový kolébkový vypínač. Tento vypínač ani transformátor nejsou pro jednoduchost ve schématu nakresleny.

Sekundární napětí z transformátoru o velikosti 15 V/2 A se přivádí na vstupní svorkovnici U1. Následně je usměrňováno čtyřmi diodami D2, D3, D8 a D9 a pak je vyhlažováno a filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C1 a keramickým kondenzátorem C2. Na kladném pólu kondenzátoru C1 bychom měli naměřit bez připojeného akumulátoru napětí asi 21 až 23 V. Paralelně k C1 je připojena žlutá LED D1, která signalizuje zapnutí přístroje. Proud tekoucí touto LED též zajišťuje vybití kondenzátoru C1 po odpojení nabíječe od sítě. Pracovní proud LED D1 je nastaven rezistorem R1.

Regulační obvod IO1 je zapojen podle doporučení výrobce. Pro potlačení parazitního kmitání regulátoru je mezi jeho výstupní vývod 2 IO1 a zem připojena paralelní kombinace keramického kondenzátoru C4 a elektrolytického kondenzátoru C3. Tuto dvojici lze nahradit jediným tantalovým kondenzátorem o kapacitě 2,2 μF/25 V. Dvojici kondenzátorů C3 a C4 jsme použili z toho důvodu, že jsem při stavbě neměl v „šuplíku“ vhodný tantalový kondenzátor, je to však i cenově výhodnější.

Největší nabíjecí proud byl zvolen asi 1,5 A a je nastaven paralelní kombinací rezistorů R2, R6 a R12. Podle katalogového listu je rozdíl napětí mezi vývody 5 a 2 IO1 v rozmezí 0,38 až 0,52 V. Tato nepřesnost v předepsaném stejnosměrném napětí není vůbec na závadu.

Výstupní napětí regulátoru IO1 je oporovým děličem se součástkami R3, R4 a R5 nastaveno tak, aby na výstupní svorkovnici U2 dobíječe bylo bez připojeného akumulátoru napětí 14,4 V. Trimr R5 je víceotáčkový, aby seřízení

požadované velikosti výstupního napětí bylo pohodlné.

Dioda D4 ochraňuje regulátor při nechtěném přepínání nabíjeného akumulátoru. Výstup dobíječe je chráněn rychlou tavnou pojistkou F2 A.

Signalizaci stavů nabíjecího procesu zabezpečuje komparátor s operačním zesilovačem (OZ) typu 741 (IO2). Komparátor porovnává napětí na svých vstupech. Když připojíme nabíjený akumulátor, který má svorkové napětí alespoň 5 V a pojistka F1 není přerušená, začne rezistorem R9 a Zenerovou diodou D6 procházet proud. Obdobný proud začne procházet i odporným děličem napětí s rezistory R10 a R11. Na Zenerově diodě D6 se ustálí napětí asi 3,3 V, následkem čehož výstup OZ IO2 přejde do vysoké úrovni a přes rezistor R8 se rozsvítí zelená LED D7. Trimr R11 musí být nastaven tak, aby při napětí asi 14,2 V na svorkovnici U2 přešel výstup OZ IO2 do nízké úrovni a rozsvítila se červená LED D5, která indikuje konec dobíjení.

Svit zelené LED D7 signalizuje správné připojený dobíjený akumulátor. Nyní můžeme připojit dobíječ k síťovému napětí. Rozsvítí se žlutá LED D1 a akumulátor se začne nabíjet maximálním proudem. Přitom napětí na svorkách akumulátoru pozvolna vzrůstá. Když svorkové napětí dosáhne velikosti 14,4 V, nemůže už dále vzrůstat, a proto se nabíjecí proud začne zmenšovat. Po určité době se nabíjecí proud zmenší na pouhých několik mA a jen kompenzuje samovybíjení akumulátoru.

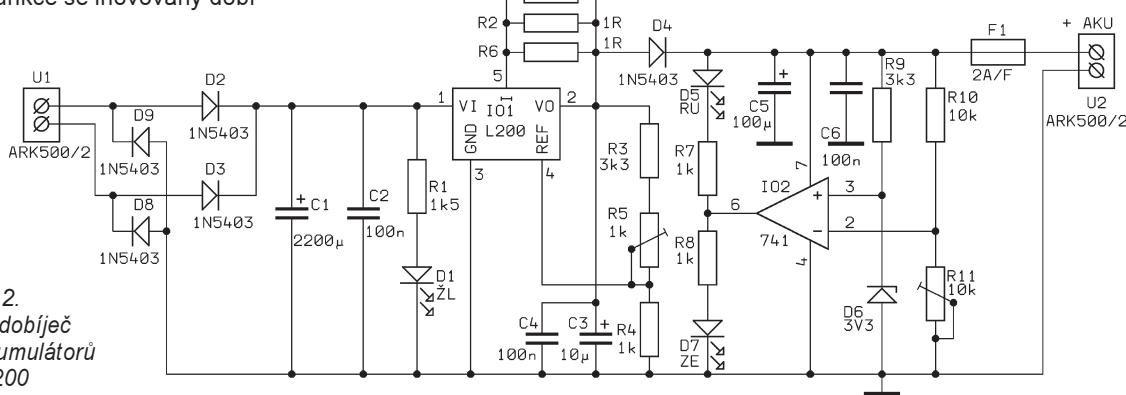
Těsně před dosažením plného výstupního napětí 14,4 V se rozsvítí červená LED D5, jejíž svit vyjadruje téměř plné nabítí akumulátoru a možnost ukončit dobíjení.

### Konstrukce a oživení

Součástky dobíječe jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 13, rozmístění součástek na desce je na obr. 14, fotografie desky osazené součástkami je na obr. 15.

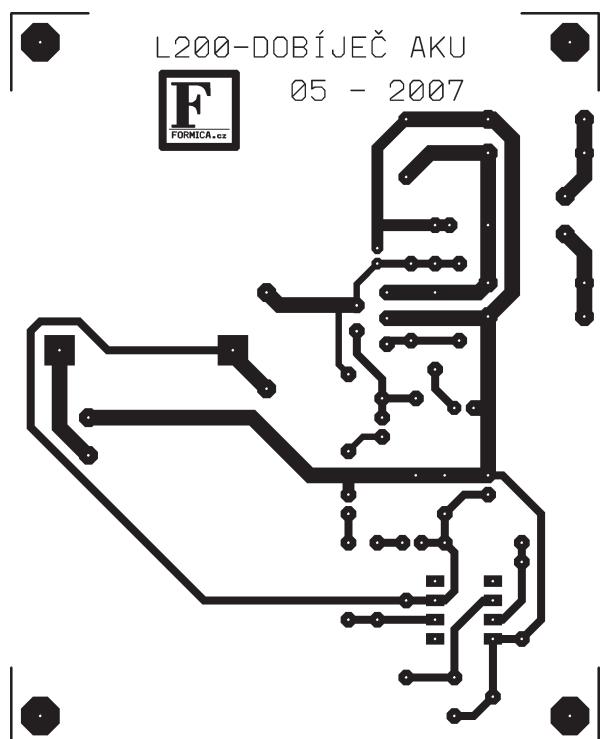
Dobíječ neobsahuje žádné záluostní a při pečlivém osazení a zapojení součástek pracuje na první zapojení.

Regulátor IO1 musí být opatřen chladičem. V prototypu byl použit hliní-



Obr. 12.

Inovovaný dobíječ olověných akumulátorů s IO L200



Obr. 13. Obrazec plošných spojů inovovaného dobíječe olověných akumulátorů s IO L200 (měř.: 1 : 1)

kový chladič CH15/70 (CH15/50) s již upraveným a černěným povrchem zakoupený v prodejně GES. Vhodný je i velmi známý chladič ZH610 o celkové výšce 75 mm.

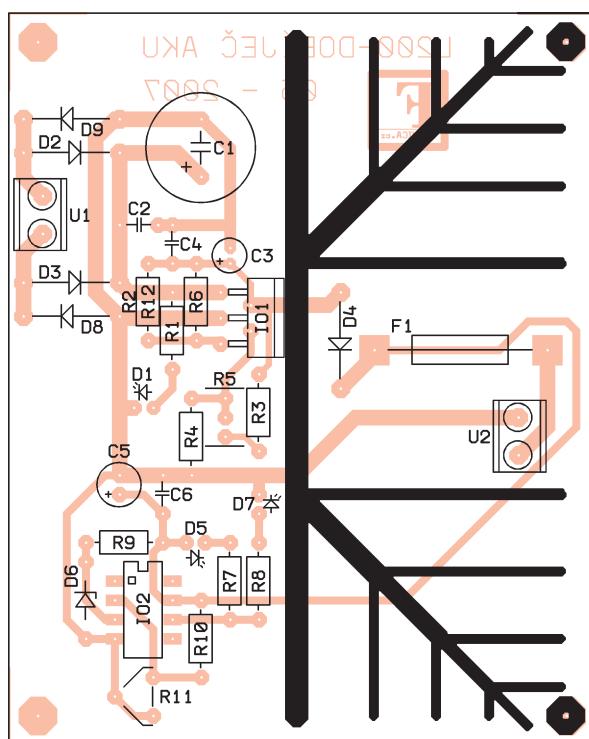
Protože chladič není v této konstrukci spojen s kovovou skřípkou a je jen upevněn na desce s plošnými spoji, není nutné jej izolovat od regulátoru IO1. Pro lepší odvod tepla je však nutné styčné plochy chladiče a IO1 lehce potřít tepelně vodivou pastou nebo silikonovou vazelinou, která je k dostání v obchodech s rybářskými potřebami.

Deska dobíječe je spolu se síťovým transformátorem vestavěna do standardní plastové skřínky typu K10 o rozměrech 145 x 175 x 90 mm.

Na předním panelu jsou umístěny všechny LED a šroubovací svorky pro připojení akumulátoru. Může zde být i síťový spínač, pokud jej použijeme. V prototypu byl síťový spínač vypuštěn, což spolu s použitím gumových průchodek pro upevnění signalačních LED přispělo ke snížení pořizovacích nákladů. Je věcí konstruktéra zda síťový spínač použije nebo ne.

V prototypu dobíječe jsem na přední panel umístil také velmi levný malý ampérmetr s bočníkem (podobný typu MP40), který jsem objevil ve výprodeji firmy Hadex. Ampérmetr slouží pro kontrolu dobíjecího proudu a je zapojen mezi kladným pólem svorkovnice U2 na desce a kladnou šroubovací svorkou na panelu.

Na přední panel s vyvrtanými dírami je nalepen štítek s popisem vytiskný laserovou barevnou tiskárnou OKI 3200 na samolepicí matnou (případně i lesklou) bílou fólii Signolit. Potřebné díry do



Obr. 14. Rozmístění součástek na desce inovovaného dobíječe olověných akumulátorů s IO L200

štítku vytvoříme kulatým jehlovým pilníkem. Zadním panel obsahuje pouze vývod síťové šňůry.

Dohotovený dobíječ seřídime. Připojíme síťové napětí a pomocí digitálního multimetru nastavíme trimrem R5 na výstupní svorkovnici U2 napětí 14,2 V. Pak seřídime trimr R11 tak, aby zelená LED D7 právě zhasla a rozsvítila se červená LED D5. Nakonec opět trimrem R5 nastavíme požadované výstupní napětí 14,4 V.

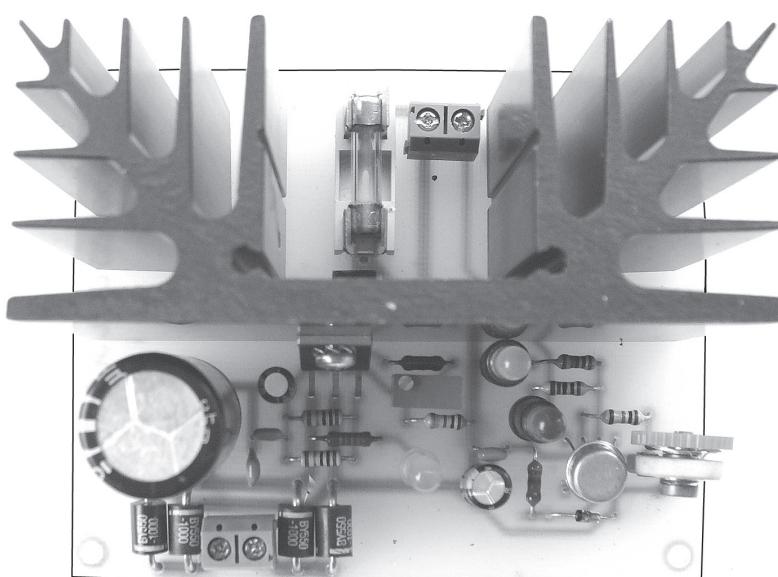
Změnou odporu rezistorů R2, R6 a R12 lze nastavit i jiný maximální nabíjecí proud. Zvolený proud 1,5 A však považuji za optimální, protože tato konstrukce je určena především k dobí-

jení. Dobíječ vždy na noc připojíme na svorky akumulátoru, aby svým relativně malým proudem příznivě regeneroval jeho olověně desky.

Dobíječ doporučuji zapínat tak, že se nejprve připojí akumulátor a pak teprve síťové napětí. Po ukončení dobíjení se nejprve odpojí síť a pak teprve akumulátor.

### Seznam součástek

R1	1,5 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2, R6,	
R12	1 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R3, R9	3,3 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4, R7, R8	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.



Obr. 15. Dohotovená deska inovovaného dobíječe olověných akumulátorů s IO L200

R5	1 kΩ, víceotáčkový trimr
R10	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R11	10 kΩ, trimr PT6V
C1	2 200 µF/25 V, radiální
C2, C4, C6	100 nF, keramický
C3	10 µF/25 V, radiální
C5	100 µF/25 V, radiální
D1	LED žlutá, 5 mm, 2 mA
D2, D3, D4,	
D8, D9	1N5403
D5	LED červená, 5 mm, 2 mA
D6	BZX083V003.3, Zenerova dioda 3,3 V/0,5 W
D7	LED zelená, 5 mm, 2 mA
IO1	L200
IO2	741
F1	F 2 A, pojistky rychlá, 5 × 20 mm, skleněná
U1, U2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová

## Dobíječ akumulátorů s IO UA78T15

Jako poslední ukázku nabíječů a dobíječů s lineárními integrovanými obvody si představíme velice jednoduchou konstrukci, která využívá vlastnosti třívývodového stabilizátoru 78T15 s pevn-

ným kladným výstupním napětím 15 V. Stabilizátory řady 78Txx mohou poskytovat výstupní proud až 3 A. V dobíječi je použit síťový transformátor o výkonu 30 VA, takže dobíječ může dodávat proud jen asi 2 A.

Po dlouhodobém používání a ověřování funkce dobíječe mohu po více než tříletém provozu konstatovat, že je spolehlivý a bez zbytku splňuje požadavky na něj kladené.

### Popis funkce

Schéma dobíječe s integrovaným stabilizátorem UA78T15 je na obr. 16.

Síťové střídavé napětí 230 V je přivedeno přes kolébkový spínač, který pro jednoduchost není na schématu nakreslen, na vstupní svorkovnici U1.

Síťový transformátor je dimenzován na výkon 30 VA a je určen pro montáž do plošných spojů. Střídavé sekundární napětí 2x 15 V je usměrňováno diodami D2 a D3 a vyhlašováno a filtrováno kondenzátory C1 a C2. Na kladném pólu C1 bychom měli naměřit naprázdno (bez připojeného akumulátoru) asi 21 až 23 V. K C1 je připojena žlutá LED D1, která signalizuje zapnutí přístroje. LED D1 též vybíjí kondenzátor C1 po

odpojení nabíječe od sítě. Pracovní proud této LED je určován odporem rezistoru R1.

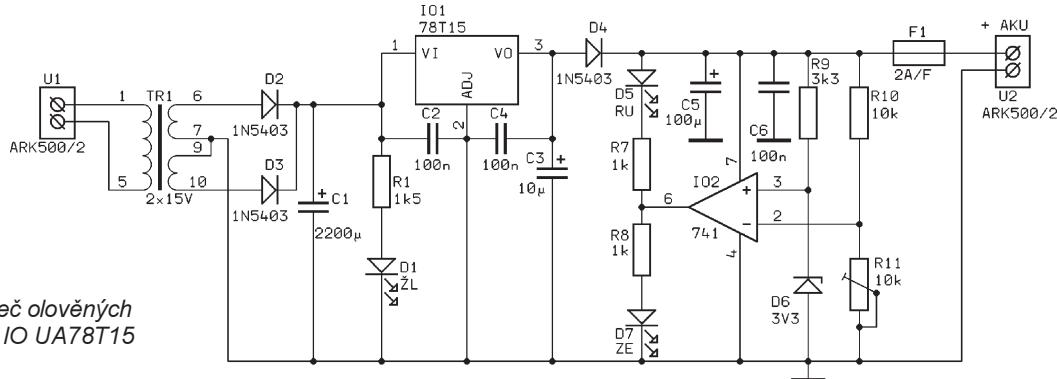
Stabilizátor UA78T15 (IO1) je zapojen podle doporučení výrobce. Pro potlačení parazitních kmitů a zmenšení výstupní impedance dobíječe je mezi vývody 2 a 3 IO1 zapojen keramický kondenzátor C4 a elektrolytický kondenzátor C3.

Dioda D4 ochraňuje dobíječ při obrácené polaritě připojeného akumulátoru a současně svým úbytkem napětí asi 0,6 V zajišťuje, že na výstupu nabíječe je požadované napětí 14,4 V.

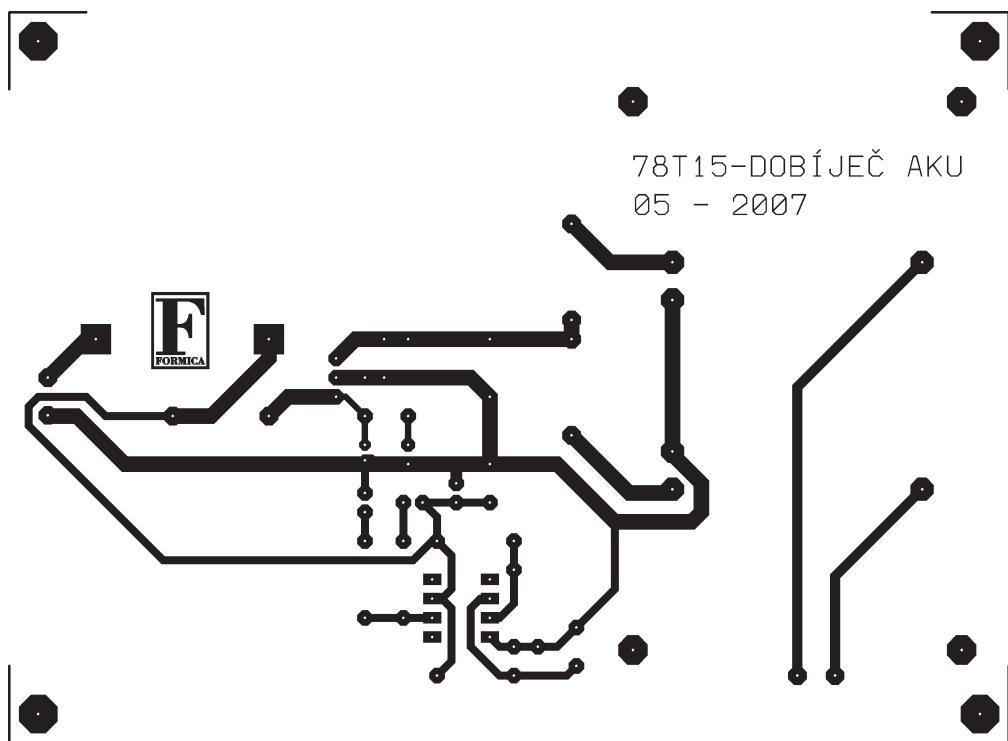
Z diody D4 je nabíjecí proud veden přes rychlou pojistku 1,6 až 2 A na výstupní svorkovnici U2.

Jednotlivé fáze procesu nabíjení jsou indikovány diodami LED D5 a D7, které jsou buzeny komparátorem s OZ IO2 ve stejném zapojení, jako v předchozím dobíječi s IO L200.

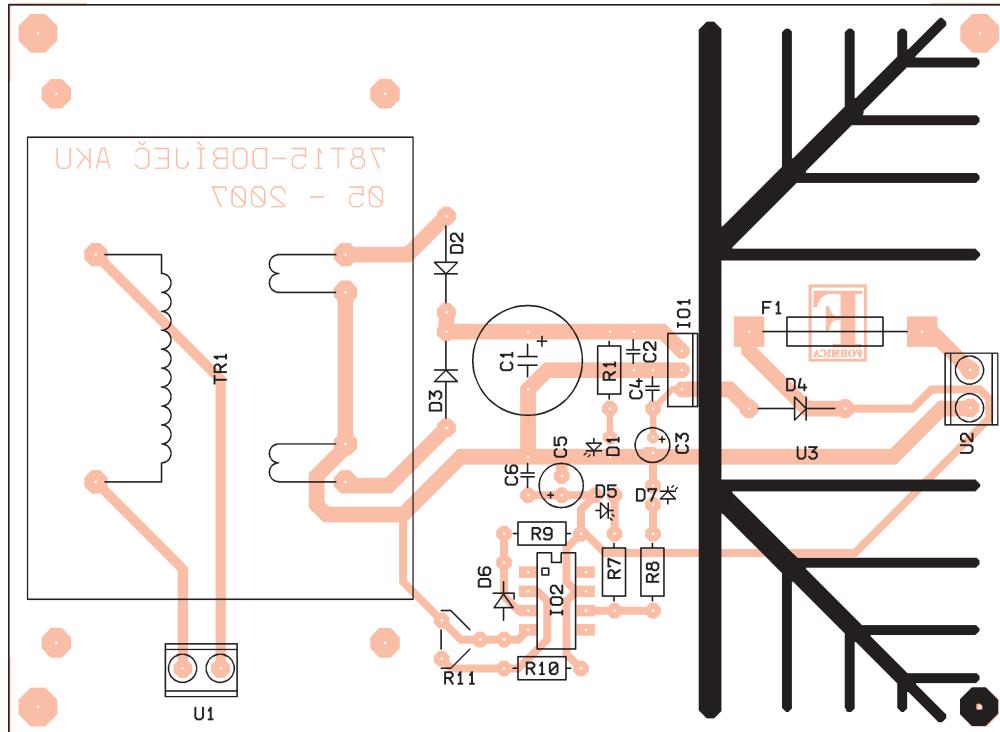
Trimrem R11 je nastavena rozhodovací úroveň komparátoru 14,2 V na svorkovnici U2. Pokud má akumulátor svorkové napětí menší než 14,2 V, je výstup OZ IO2 ve vysoké úrovni a svítí zelená LED D7, která indikuje správně připojený akumulátor a probíhající nabí-



Obr. 16. Dobíječ olověných akumulátorů s IO UA78T15



Obr. 17.  
Obrazec  
plošných spojů  
dobíječe  
оловěných  
akumulátorů  
s IO UA78T15  
(měř.: 1 : 1)



Obr. 18.  
Rozmístění  
součástek  
na desce  
dobíječe  
olověných  
akumulátorů  
s IO UA78T15

jení. Když je akumulátor téměř nabity a jeho svorkové napětí překročí rozhodovací úroveň 14,2 V, přejde výstup OZ IO2 do nízké úrovni a rozsvítí se červená LED D5, která indikuje ukončení nabíjení.

### Konstrukce a oživení

Součástky dobíječe jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 17, rozmístění součástek na desce je na obr. 18.

Před stavbou důkladně zkontrolujeme desku s plošnými spoji a osazujeme pouze nové nebo proměřené součástky.

Stabilizátor IO1 je opatřen stejným chladičem, jako regulátor IO1 v předchozím dobíječi. Stejně jsou i zásady pro montáž chladiče.

Deska se součástkami dobíječe je vestavěna do plastové skřínky, uspořádání svorek pro připojení nabíjeného akumulátoru, indikačních LED atd. je rovněž stejně jako u předchozího dobíječe s IO L200.

U zkompletovaného dobíječe je třeba seřídit pouze trimr R11. Dobíječ odpojíme od sítě. Ke svorkovnici U2 připojíme laboratorní regulovaný ss zdroj, na kterém nastavíme napětí 14,2 V. Běžec trimru R11 pak natočíme tak, aby zelená LED D7 právě zhasla a rozsvítila se červená LED D5.

Konstrukce je bezproblémová a při pečlivém osazení a zapojení součástek pracuje na první zapojení.

Stejně jako předchozí, je i tento dobíječ určen především k regeneraci a dobíjení akumulátoru zapojeného v automobilu, a to především v zimním období.

I tento dobíječ doporučuji zapínat tak, že se nejprve připojí akumulátor a pak teprve sítové napětí, a po ukon-

čení dobíjení se nejprve odpojí sítě a pak akumulátor.

### Seznam součástek

R1	1,5 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R7, R8	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R9	3,3 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R10	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R11	10 kΩ, trimr PT6V
C1	2 200 µF/25 V, radiální
C2, C4	220 nF, keramický
C3	10 µF/25 V, radiální
C5	100 µF/25 V, radiální
C6	100 nF, keramický
D1	LED žlutá, 5 mm, 2 mA
D2, D3, D4	1N5403
D5	LED červená, 5 mm, 2 mA
D6	BZX083V003.3, Zenerova dioda 3,3 V/0,5 W
D7	LED zelená, 5 mm, 2 mA
IO1	78T15
IO2	UA741 (LM741)
F1	F 2 A, pojistky rychlá, 5 × 20 mm, skleněná
TR1	sítový transformátor do plošných spojů, 230 V/2x 15 V/30 VA
U1, U2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová

## Tyristorový nabíječ

V dávnějších dobách bylo velmi populární si z různých cest po bývalém Sovětském svazu přivézt nějaký elektronický výrobek, který po elektrické stránce byl velice dobře promyšlen a navržen. Po mechanické stránce a designu to však byla v mnoha případech katastrofa, i když na druhé straně tyto výrobky vydřely dosti tvrdé a drsné zacházení v provozu.

Jedním z takových populárních výrobků byl i tyristorový pulsní nabíječ

s elektronickou ochranou proti přebíjení připojeného automobilového akumulátoru. Takový výrobek si přivezl i můj kamarád, kterému sloužil téměř 12 let.

Bohužel jednoho dne odešel do „křemíkového nebe“ a bylo nutno se rozhodnout, jak dál. Po různých experimentech a pročtení zahraničních fór jsem se rozhodl tento nabíječ vzkrásit v podobě zachování původní myšlenky pulsního nabíjení a ochrany proti přebíjení, ale již s novou deskou s plošnými spoji, součástkami a určitými podstatnými vylepšeními.

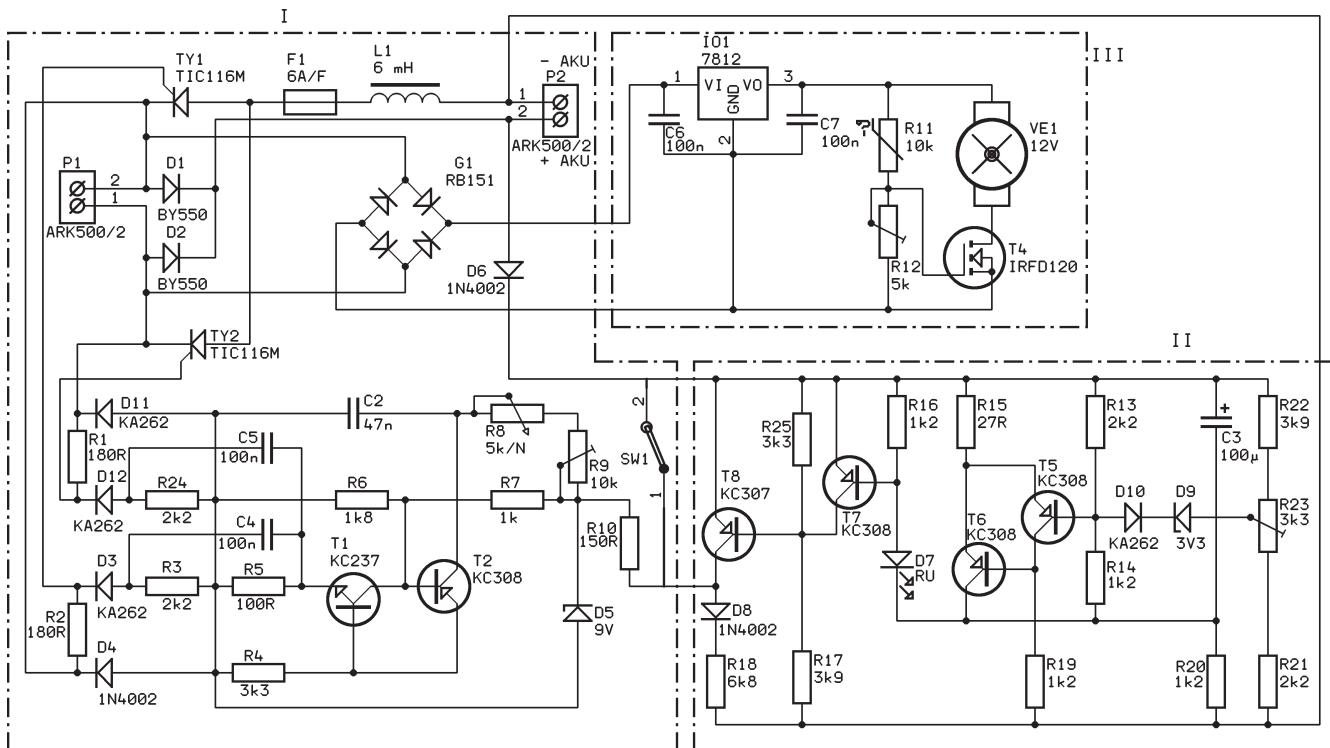
Tak vznikla následující konstrukce nabíječe, která kamarádovi slouží opět již 5 let. Pokud máte zájem si tento vcelku jednoduchý nabíječ vyzkoušet, tak si ho prostě postavte.

### Popis funkce

Schéma tyristorového nabíječe je na obr. 19. Přístroj se skládá ze tří částí. První část tvoří silový nabíjecí obvod, druhá část je obvod ochrany nabíječe a třetí část představuje chladicí jednotka s ventilátorem. Jednotlivé části jsou ve schématu ohrazeny čerchovanou čarou.

Nyní si popíšeme první část. Silové střídavé napětí v rozsahu 16 až 20 V ze sekundárního vinutí sítového transformátoru, který musí být schopen poskytovat proud 6 A, je přiváděno na vstupní svorkovnici nabíječe P1. K potlačení pronikání rušivých složek do rozvodné sítě je paralelně k primárnímu vinutí sítového transformátoru připojen sítový kondenzátor 33 nF/630 V, který není uveden ve schématu.

Střídavé napětí ze svorkovnice P1 je usměrňováno můstkem složeným z výkonových diod D1 a D2 řady BY550 nebo P600 a tyristorů TY1 a TY2 v pouzdro TO220. V tomto typu usměrňovače



Obr. 19. Thyristorový nabíječ olověných akumulátorů

není nutné používat tzv. nulovou diodu, která je jinak nutná ke zdárnému otevírání a zavírání tyristorů, protože ji nahrazují diody D1 a D2.

Tyristory jsou řízeny signálem z tzv. relaxačního generátoru, který je tvořen tranzistory T1 a T2 (lze je nahradit tranzistorem UJT). Běžně se řídící signál přivádí na tyristory přes oddělovací transformátory navinuté na feritovém hrnčkovém jádru. Protože však amatér nerad vine nějaké cívky, zvolil jsem zapojení oddělovacího obvodu s běžnými součástkami, tj. s diodami D3, D4, D11 a D12, rezistory R3 a R24 a odrušovacími kondenzátory C4 a C5.

Aby se tyristory spolehlivě vypínaly, jsou mezi jejich elektrody zapojeny rezistory R1 a R2.

V relaxačním generátoru zajišťují tranzistory T1 a T2 periodické nabíjení a vybíjení kondenzátoru C2. Kmitočet generovaných kmitů a tím i velikost nabíjecího proudu v rozmezí 0 až 6 A se řídí potenciometrem R8. Trimrem R9 se nastavuje maximální velikost nabíjecího proudu 6 A.

Signál z emitoru T1 se přivádí na řídící elektrody tyristorů přes oddělovací obvod s diodami D3 a D12 a derivačními články C4, R3 a C5, R24, které signál tvarují do podoby kladných impulsů.

Relaxační generátor je napájen přes oddělovací diodu D6 za podmínky, že je tranzistor T8 sepnut (nebo přemostěn sepnutým spínačem SW1). Napájení pro napájení relaxačního generátoru je stabilizováno Zenerovou diodou D5, jejíž proud je nastaven rezistorem R10. Tato stabilizace zajišťuje konstantní rozkmit generovaného signálu.

Hodnoty součástek R4, R5, R6, R7 a C2 tvořících relaxační generátor byly převzaty z katalogového listu tranzistoru 2N6027.

Nabíječ nemá zpětnovazební regulaci velikosti nabíjecího proudu, a proto nabíjecí proud nastavený potenciometrem R8 na začátku nabíjení postupně klesá (vlivem zvyšování napětí na svorkách nabíjeného akumulátoru). Tento pokles není příliš na závadu, pouze prodlužuje dobu nabíjení.

Aby bylo možné velikost nabíjecího proudu pohodlně nastavovat a během nabíjení kdykoliv kontrolovat, je vhodné nabíječku vybavit vestavěný ampérmetrem, který měří proud tekoucí do akumulátoru. Tento ampérmetr není ve schématu nakreslen. Použitelné je jakékoli ručkové měřidlo s rozsahem 6 až 10 A.

Pokud nechceme použít vestavěný ampérmetr, opatříme potenciometrem R8 stupnicí, kterou ocejchujeme pomocí vnějšího ampérmetru. Toto cejchování však nemůže být přesné, protože, jak již bylo řečeno, nabíjecí proud také závisí na svorovém napětí nabíjeného akumulátoru.

Aby se zmenšily rázy nabíjecího proudu, byla na základě praktických zkušeností zapojena do nabíjecího obvodu malá tlumivka L1, která výrazně zmenšuje proudové špičky způsobené spínáním tyristorů. Díky této tlumivce je nabíjecí proud jen velmi mírně zvlněný (pozorováno na osciloskopu). Samozřejmě není nutné tuto tlumivku použít, ale po jejím doplnění do obvodu se i méně ohřívá síťový transformátor.

Silový nabíjecí obvod je chráněn rychlou pojistkou F1 (F 6 A) a jeho výstup je vyveden na svorkovnici P2, ke které se (přes šroubovací přístrojové svorky umístěné na předním panelu nabíječe) připojuje nabíjený akumulátor.

Obvod ochrany nabíječe obsahuje tranzistory T5 až T8 a příslušné pasivní součástky. Tento obvod zabraňuje při

zkratu výstupních svorek nabíječe nebo při opačně připojeném (přepoloženém) akumulátoru spínání tyristorů a tím chrání nabíječ před poškozením. Obvod ochrany též automaticky ukončuje nabíjení, když napětí na svorkovnici P2 přesáhne rozhodovací úroveň 14,4 V.

Tranzistory T5 a T6 jsou zapojeny jako komparátor, který porovnává napětí na výstupní svorkovnici P2 nabíječe s vnitřním referenčním napětím. Rozhodovací úroveň komparátoru se nastavuje trimrem R23. Tranzistory T7 a T8 pracují jako spínač, přes který se přivádí napájecí napětí z katody diody D6 do relaxačního generátoru. Spínač je ovládán signálem z výstupu komparátoru (z kolektoru tranzistoru T6) přes červenou LED D7. Tato LED indikuje stav spínače – když svítí, je T8 vypnutý.

Obvod ochrany je napájen z připojeného nabíjeného akumulátoru. Pokud je výstup nabíječe zkratován nebo je akumulátor přepoložen, není obvod ochrany napájen. Proto je bez napájení i relaxační generátor, tyristory TY1 i TY2 nejsou řízeny a výstupem nabíječe nemůže téci žádný proud, který by mohl nabíječ poškodit.

Když k nabíječi správně připojíme akumulátor s dostatečným svorkovým napětím, otevře se tranzistor T8, který přiveze napájecí napětí na relaxační generátor. Ten začne řídit tyristory a do akumulátoru začne téci nabíjecí proud.

Komparátor s tranzistory T5 a T6 sleduje napětí na svorkách nabíjeného akumulátoru. Pokud je akumulátor vybitý a jeho svorkové napětí je nízké, je tranzistor T6 komparátoru sepnutý, výstup komparátoru je ve vysoké úrovni a indikační LED D7 je zhasnutá. Když se akumulátor dostatečně nabije, překročí jeho svorkové napětí rozhodovací úroveň komparátoru a výstup kompará-

toru přejde do nízké úrovně. Rozsvítí se LED D7, sepne tranzistor T7 a vypne tranzistor T8. Vypnutím T8 se ukončí činnost relaxačního generátoru, přestanou spínat tyristory a nabíjecí proud se přeruší. Svit LED D7 indikuje ukončené nabíjení.

Spínačem SW1 se startuje nabíjení v případě, že nabíjený akumulátor je hluboce vybitý a jeho svorkové napětí nestačí k sepnutí tranzistoru T8. V praxi se však ukázalo, že spínač SW1 není potřebný.

Třetí část nabíječe je tvořena známou chladicí jednotkou s ventilátorem a regulačním obvodem, který řídí otáčky ventilátoru v závislosti na teplotě uvnitř skřínky nabíječe. Zapojení tohoto regulačního obvodu bylo již podrobně popsáno na str. 8. Použitý ventilátor má rozměry 80 x 80 mm.

## Konstrukce a oživení

Nabíječ je zkonstruován z běžných vývodových součástek, které jsou umístěny na desce s jednostrannými ploš-

nými spoji. Obrazec spojů je na obr. 20, rozmístění součástek na desce je na obr. 21.

Před stavbou je nutné zkontrolovat desku s plošnými spoji, zda nejsou spoje přerušené nebo zkratované vodičovými můstky.

Osazujeme pouze nové nebo změřené součástky. Kondenzátory není nutné nijak zvlášť vybírat s ohledem na přesnou velikost kapacity, rezistory jsou již předepsány s tolerancí 1 %. Tlumivka L1 je navinuta na jádru z plechů EI 20 x 25 mm a má 140 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 1,6 mm. V jádře je nastavena vzduchová mezera 0,5 mm. LED D7 je s malým příkonem (2 mA) o průměru 5 mm a může mít i jinou barvu než červenou.

Tyristory je nutné chladit, použijeme známý chladič ZH 610 nebo podobný zakoupený v prodejně GES nebo GM Electronic.

Síťový transformátor lze použít s libovolným typem jádra, tj. EI, C nebo toroidním. Při primárním napětí 230 V

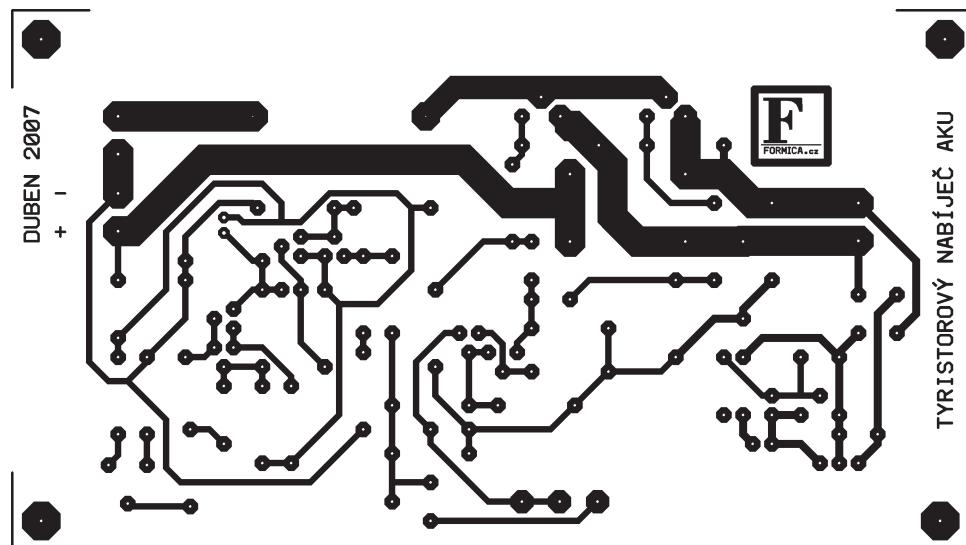
musí poskytovat sekundární napětí 16 až 20 V/6 A, takže musí být dimenzo-ván na výkon 100 až 120 VA.

Vzhledem k větší hmotnosti transformátoru o výkonu až 120 VA je nutné nabíječ vestavět do pevné kovové skřínky. Pro připojení sítě musíme použít síťovou šnůru Flexo se třemi vodiči a skříňku spojit s nulovacím vodičem se žlutozelenou barvou izolace.

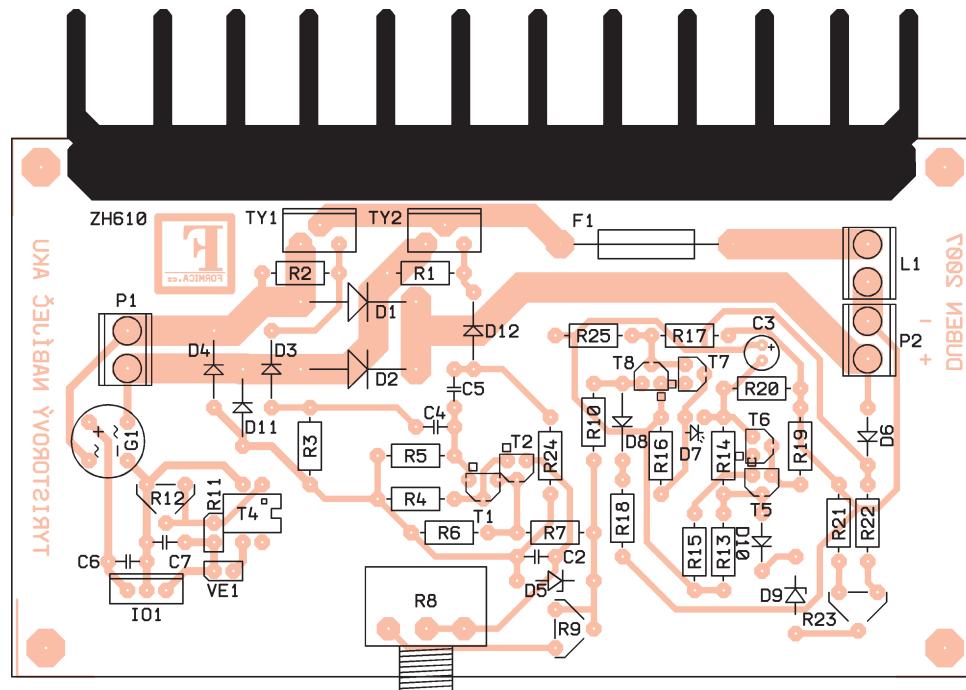
Při pečlivé práci by měl tyristorový nabíječ fungovat na první zapojení bez dalšího oživování. Je třeba pouze seřídit trimry R9, R12 a R23.

Před zeřizováním trimru R9 připojíme k nabíječi přes ampérmetr středně vybitý akumulátor. Pak spustíme nabíjení, potenciometr R8 natočíme do krajní polohy směrem k maximálnímu nabíjecímu proudu a trimrem R9 nastavíme velikost maximálního nabíjecího proudu 6 A. Pak zkontrolujeme, že lze potenciometrem R8 regulovat nabíjecí proud od nuly až do nastavených 6 A.

Před zeřizováním trimru R23 odpojíme nabíječ od sítě a k jeho výstupu



Obr. 20.  
Obrazec  
plošných spojů  
tyristorového  
nabíječe  
olověných  
akumulátorů  
(měř.: 1 : 1)



Obr. 21.  
Rozmístění  
součástek  
na desce  
tyristorového  
nabíječe  
olověných  
akumulátorů

připojíme místo akumulátoru laboratorní zdroj s regulovatelným napětím. Nastavíme napětí zdroje 14,4 V a trimr R23 seřídíme tak, aby se LED D7 právě rozsvítila.

Nastavení trimru R12 v regulátoru otáček ventilátoru již bylo popsáno na straně 8 (na straně 8 je ovšem tento trimr označen jako R18).

Při použití síťového transformátoru s větším výkonem může nabíječ poskytovat nabíjecí proud až 8 A.

### Seznam součástek

R1, R2	180 $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R3, R21, R24	2,2 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R4	3,3 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R5	100 $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R6	1,8 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R7	1 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R8	5 k $\Omega$ /N, potenciometr lineární TP160
R9	10 k $\Omega$ , trimr PT6V
R10	150 $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R11	10 k $\Omega$ , termistor
R12	5 k $\Omega$ , trimr PT6V
R13	2,2 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R14, R16, R19, R20	1,2 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R15	27 $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R17	3,9 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R18	6,8 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R22	3,9 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R23	3,3 k $\Omega$ , trimr PT6V
R25	3,3 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
C2	47 nF, fóliový (TC352)
C3	100 $\mu$ F/16 V, radiální
C4, C5, C6, C7	100 nF, keramický
L1	6 mH, tlumivka na jádru EI25 x 32 mm BY550
D1, D2	
D3, D11, D12	KA262 (1N4148)
D4, D6, D8	1N4002
D5	BZX85/009.1, Zenerova dioda 9,1 V/1,3 W
D7	LED červená, 5 mm, 2 mA
D9	BZX83V003.3, Zenerova dioda 3,3 V/0,5 W
D10	KA262 (1N4148)
G1	RB151, usměrňovací můstek 1 A/100 V
T1	KC237
T2, T7	KC308
T4	IRFD120
T5, T6	KC308
T8	KC307

TY1, TY2	TIC116M
IO1	7812
F1	F 6 A, pojistky rychlá, 5 x 20 mm, skleněná
P1, P2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová
VE1	ventilátor 12 V/0,1 A, 80 x 80 mm

napětí pomocí deseti LED, které mohou pracovat v bodovém nebo sloupkovém režimu.

O tom, zda indikátor pracuje ve sloupkovém nebo bodovém režimu, rozhoduje to, je-li vývod 9 IO2 připojen k vývodu 3 IO2, či nikoliv. Po propojení vývodů 3 a 9 IO2 je zvolen sloupkový režim, jinak je provoz bodový.

Napětí 6 V bylo zvoleno pro napájení obvodu LM3914 proto, aby nemohla být překročena maximální povolená velikost proudu z jeho výstupních vývodů při buzení LED. Aby se zabránilo případnému rozkmitání integrovaných obvodů, je napájecí sběrnice +6 V zablokována kondenzátory C2 a C3.

## Indikátor napětí olověného akumulátoru

Tento indikátor s deseti diodami LED je jednoduché užitečné zařízení, které nám usnadní sledovat pokles napětí automobilového akumulátoru při startování motoru, na základě čehož můžeme usoudit na případný špatný stav tohoto akumulátoru. Naopak příliš velké napětí v palubní síti automobilu během jízdy zase může signalizovat poruchu v obvodu regulátoru nabíjení akumulátoru.

### Popis funkce

Schéma indikátoru je na obr. 22. Stejnosměrné napětí z palubní sítě automobilu se přes vstupní svorkovnici P1 přivádí na oddělovací diodu D1. Tato dioda chrání indikátor před poškozením při přepόlování vstupního napětí.

Z katody D1 je vstupní napětí vedeno na třívorkový stabilizátor 7806 (IO1), který poskytuje vnitřní napájecí napětí +6 V, a dále přes odporový dělič napětí s rezistory R3 a R2 na vstup 5 obvodu LM3914 (IO2).

Obvod LM3914, který je srdcem celého indikátoru (voltmetru), byl speciálně vyvinut pro lineární indikaci velikosti

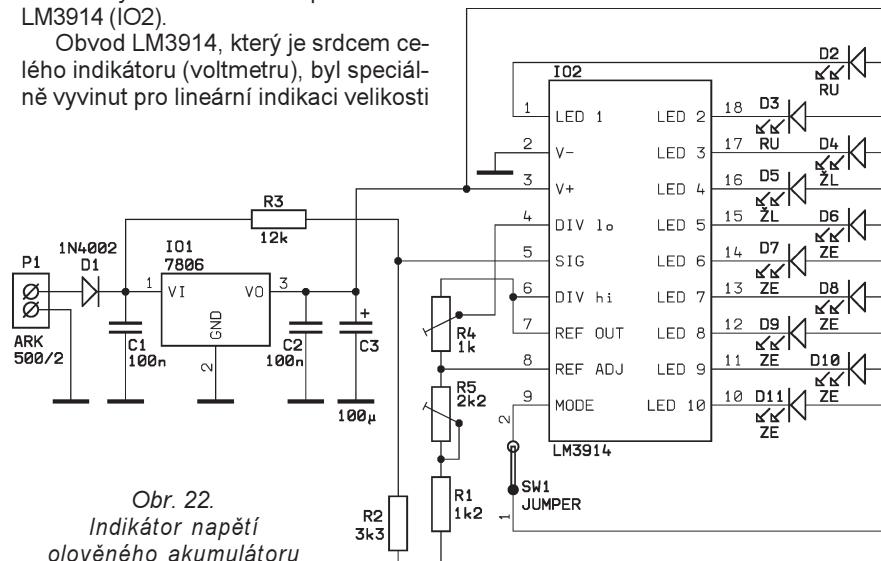
### Konstrukce a ozivení

Součástky indikátoru jsou běžné vývodové a jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 23, rozmístění součástek na desce je na obr. 24.

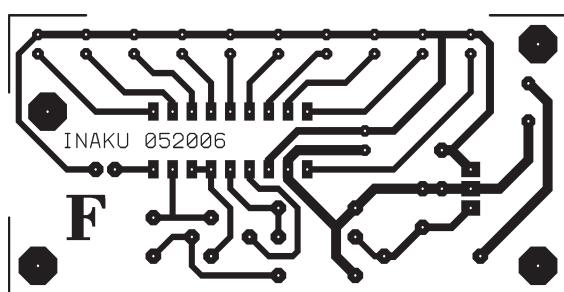
Přeměněné nebo nové součástky osazujeme na pečlivě zkонтrolovanou desku s plošnými spoji.

Stabilizátor napětí IO1 a elektrolytický kondenzátor C3 lze na desku položit, aby zabíraly co nejmenší prostor na výšku, ale není to nezbytně nutné.

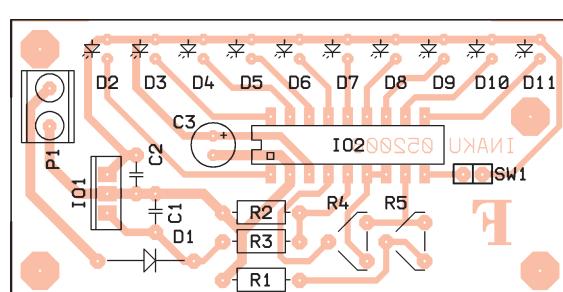
Po sestavení indikátoru přivedeme na jeho svorkovnici P1 vstupní stejnosměrné napětí z regulovatelného laboratorního zdroje. Velikost tohoto napětí monitorujeme číslicovým multimeterem. Nastavíme vstupní napětí 10 V, při kte-



Obr. 22.  
Indikátor napětí  
оловěného akumulátoru



Obr. 23. Obrazec plošných spojů indikátoru napětí olověného akumulátoru (měř.: 1 : 1)



Obr. 24. Rozmístění součástek na desce indikátoru napětí olověného akumulátoru

rému se má rozsvítit LED D2 (nejnižší indikované napětí), a natočíme běžec trimru R5 tak, aby se LED D2 právě rozsvítila. Potom nastavíme vstupní napětí 14,5 V, při kterém má svítit poslední LED D11 (nejvyšší indikované napětí), a natočíme běžec trimru R4 tak, aby se LED D11 právě rozsvítila. U takto seřízeného indikátoru se při změně vstupního napětí budou rozsvítet jednotlivé LED s krokem 0,5 V.

Zapojení indikátoru je natolik jednoduché, že by jeho uvedení do provozu nemělo činit potíže ani méně zkušeným amatérům.

Použití indikátoru není samozřejmě omezeno pouze na sledování napětí automobilového akumulátoru. Stejně lze indikovat i kolísání sítového napětí nebo jiných veličin (teploty, tlaku, výšky hladiny apod.), jejichž změna způsobuje nárust nebo pokles stejnosměrného napětí.

### Seznam součástek

R1	1,2 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2	3,3 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3	12 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4	1 kΩ, trim PT6V
R5	2,2 kΩ, trim PT6V
C1, C2	100 nF, keramický
C3	100 µF/35 V, radiální
D1	1N4002
D2, D3	LED červená
D4, D5	LED žlutá
D6, D7,	
D8, D9,	
D10, D11	LED zelená
IO1	7806
IO2	LM3914
P1	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová
SW1	JUMPER

## Jednoduchý sítový regulátor

Protože jsem dost často stál před problémem, jak řezat, pokud možno kolmo, závity do hliníkových chladičů a nezníčit závitníky velkou rychlostí stojanové vrtáčky, bylo nutno tento problém nějakým způsobem vyřešit. Příkon motoru stojanové vrtáčky je asi 120 VA, takže volba padla na elektronický regulátor otáček. Samozřejmě při konstrukci bylo uvažováno, že bude využíván i ke snížení intenzity žárovkového osvětlení v garáži.

Regulátorů otáček komutátorových motorů a osvětlení již bylo uveřejněno bezpočet, a v různých provedeních. Tyto regulátory, ať již pro stejnosměrné nebo střídavé napájení, byly vždy vděčným námětem pro svou mimořádně širokou praktickou využitelnost u všech kutilů a amatérů.

Při pročítání nejrůznější námětu se mi nejvíce líbil regulátor publikovaný v minulosti v časopisu KTE, který jsem využil k inspiraci a přepracoval na své podmínky. Je to již 6 let, co slouží k mé plné spokojenosti.

### Popis funkce

Stejně jako u stejnosměrných motorů, lze otáčky vrtáčky či jiného sítového točivého stroje s kolektorovým motorem regulovat změnou velikosti napájecího napětí proměnným předřadným odporem. Vzhledem k tomu, že motorům příliš nesvědčí zmenšování napájecího napětí, a také kvůli tomu, že při vyšších výkonech motorů by regulační rezistory musely zvládat velkou výkonovou ztrátu (až 50 % spotřebované energie), není tento způsob řízení otáček motoru dnes již v praxi používán.

Jiným způsobem řízení otáček je bezeztrátové impulsní řízení. Tento způsob je výhodnější než předchozí a dnes se používá téměř výlučně.

Při napájení motoru střídavým napětím ze sítě se impulsní řízení otáček realizuje tzv. fázovou regulaci. Při fázové regulaci se elektronickým spínačem připojuje napětí na spotřebič v každé půlperiodě s určitým zpožděním po průchodu nulou („usekávají“ se počáteční části půlvln), čímž se zmenšuje i efektivní hodnota napětí, na které závisí otáčky motoru. Na elektronickém spínači přitom vzniká jen malá ztráta výkonu, která by u ideálního spínače byla nulová. Pokud regulujeme dobu zpoždění od nuly do délky celé půlperiody, regulujeme tím efektivní napětí a tím i výkon spotřebiče od 100 % až do nuly. Velikost zpoždění se obvykle udává fázovým úhlem zpoždění, který může být 0 až 180°. Pro výkon dodávaný do spotřebiče je pak rozhodující tzv. úhel sepnutí elektronického spínače, který je úhlovým vyjádřením doby sepnutí spínače a může se pohybovat v rozmezí od 180 do 0°.

V jednoduchých regulátořích se jako elektronický spínač používají tyristory. Protože tyristor vede proud pouze v jednom směru, dovoloval by takový regulátor využít nejvýše 50 % výkonu, který je k dispozici. Proto se tyristorový regulátor často připojuje mezi síť a spotřebič přes diodový můstkový usměrňovač, což umožňuje využít 100 % výkonu.

Tyristor se v každé kladné půlperiodě napětí zapíná impulsem z fázovacího obvodu, ve kterém je tento impuls odvozován od sítového napětí. Nejjednodušší fázovací obvod obsahuje pouze několik tranzistorů a fázovací článek RC s kondenzátorem a potenciometrem, kterým se ovládá doba zpoždění od průchodu sítového napětí nulou do okamžiku sepnutí tyristoru. Na konci

půlperiody se tyristor vždy sám vypne, když proud odebíraný spotřebičem prochází nulou.

Jako elektronický spínač je též možné použít triak, který vede proud v obou směrech, jeho řízení je však podstatně složitější.

Schéma předloženého regulátoru odpovídá předchozímu výkladu a je na obr. 25. Jako elektronický spínač slouží tyristor KT206 (TY1), který je do napájecího obvodu spotřebiče (na schématu je to žárovka Z1) připojen přes usměrňovací můstek G1. Tyristor je spínan impulsy z fázovacího obvodu tvořeného tranzistory T1, T2 a fázovacím článkem R4, R5 a C1. Aby součástky nebyly namáhaný plným sítovým napětím 230 V, zmenšuje odporový dělič s rezistory R1 až R3 napětí na kolektoru T1 na 11 V. Na rezistoru R1 je velký úbytek napětí, a je proto třeba, aby byl dimenzován na zatížení 2 W.

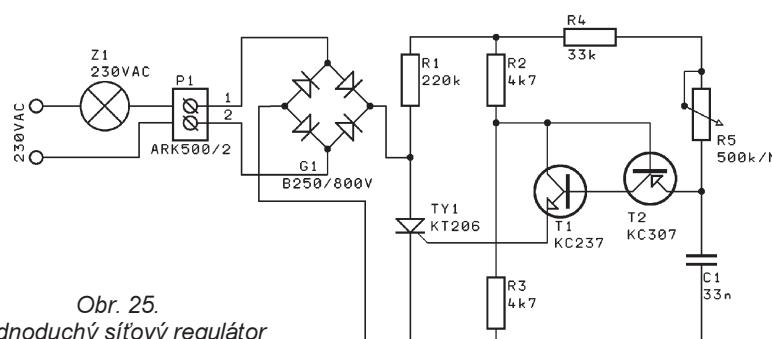
Při připojení sítového napětí a žárovky Z1 (o příkonu 100 W) na vstupní svorkovnici P1 je kondenzátor C1 vybitý a oba tranzistory T1 i T2 jsou zavřené. Proudem tekoucím přes žárovku, usměrňovací můstek, rezistory R1, R4 a potenciometr R5 se C1 začne nabíjet. Rychlosť nabíjení se ovládá potenciometrem R4.

Napětí k kondenzátoru C1 se přivádí na emitor tranzistoru T2. Na bázi T2 je přiváděno napětí z děliče R2, R3, které je o polovinu menší než napětí na fázovacím článku R4, R5, C1, což zajišťuje dostatečný napěťový spád pro fázovací článek, resp. bezpečné zavření tranzistoru T2 po dobu nabíjení kondenzátoru C1.

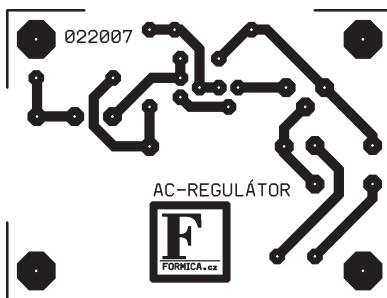
Když napětí na C1 (tj. i na emitoru T2) dosáhne velikosti asi o 0,65 V vyšší, než je napětí na bázi T2, tranzistor T2 se otvírá a svým kolektorovým proudem otevřívá i tranzistor T1. Díky tomu začne do řídicí elektrody tyristoru TY1 těcí spouštěcí proud z děliče R2, R3. Tyristor sepné a žárovku začne protékat proud.

Následkem sepnutí tyristoru zanikne okamžité napětí na rezistoru R1, kondenzátor C1 se vybije, oba tranzistory se uzavřou a spouštěcí impuls odesní. Tyristor však vede dále, až okamžitá velikost sinusového proudu tekoucího žárovkou poklesne pod přidržovací úroveň potřebnou pro udržování tyristoru v sepnutém stavu. Pak tyristor vypne.

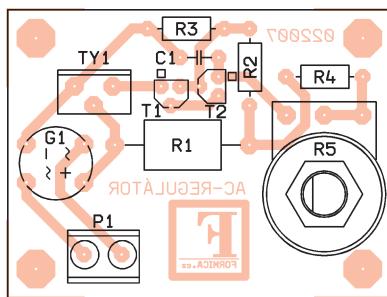
Po vypnutí tyristoru se znova obnoví výchozí stav a celý pochod se cyklicky opakuje. Tyristor se otevřívá v obou půl-



Obr. 25.  
Jednoduchý sítový regulátor



Obr. 26. Obrazec plošných spojů jednoduchého síťového regulátoru (měř.: 1 : 1)



Obr. 27. Rozmístění součástek na desce jednoduchého síťového regulátoru

vlnách napájecího napětí, takže je možné dosáhnout až 95 % maximálního výkonu. Kdyby nebyl použit usměrňovací můstek, tyristor by se otvíral jen v kladných půlvlnách, čímž by byl nejvyšší výkon omezen na asi 45 %.

Rezistor R4 určuje minimální dobu nabíjení C1 a tedy i minimální zpoždění otevření tyristoru.

Jak je ze zapojení patrné, lze regulátor lehce upravit pro potřebu regulace výkonu spotřebičů napájených síťovým napětím menším než 230 V změnou odporu rezistoru R1, či jeho případným úplným vypuštěním. Pak lze regulátor používat třeba pro řízení otáček motorů napájených napětím 24 V ze síťového transformátoru. Je však bezpodmínečně nutné zajistit, aby napětí na tranzistorech neprekročilo velikost 30 V.

### Konstrukce a oživení

Součástky síťového regulátoru jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 26, rozmístění součástek na desce je na obr. 27.

Ke stavbě použijeme jen prověřené součástky a plošné spoje na desce důkladně zkontrolujeme. K tyristoru TY1 doporučuji přišroubovat malý doplnkový chladič.

**Pracujeme se síťovým napětím, a proto je třeba dbát zvýšené opatrnosti!**

Po osazení desky a následné pečlivé kontrole a případném omytí a osušení desky od přebytečné kalafuny lze obvod připojit k síti a spotřebiči a ověřit jeho činnost. Jas žárovky či rychlosť otáčení motoru se bude měnit v závislosti na úhlu otočení potenciometru R5.

Regulátor umožňuje regulovat jas žárovek nebo rychlosť otáčení motorů v rozsahu asi 3 až 95 %. Přitom na dolní úrovni výkonu (nejpomalejší otáčky, nejnižší svit) nelze zajistit korektní činnost spotřebiče vzhledem k neúměrně malému napětí.

Prestože součástky regulátoru i diodový můstek jsou určeny pro spínání zatěžovacího proudu do 3 A (tj. výkonu až 690 W při síťovém napětí 230 V), nedoporučuji využívat zařízení pro výkony větší než asi 500 W, aby se diodový můstek nepřetěžoval.

Aby regulátor nevnášel do rozvodné sítě rušivé signály, je velice vhodné ho doplnit síťovým odrušovacím filtrem připojeným k síti před regulátorem, nebo alespoň sériovým článkem RC (100  $\Omega$ /2 W, 100 nF/275 VAC) připojeným paralelně ke svorkám regulátoru.

Regulátor i přes svá omezení vyhovuje mému zadání a potřebám a funguje bez problémů.

### Seznam součástek

R1	220 k $\Omega$ , 2 W, metal.
R2, R3	4,7 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R4	33 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R5	500 k $\Omega$ /N, potenciometr lineární (TP 160A)
C1	33 nF, TC351
G1	B250/800V
T1	KC237
T2	KC307
TY1	KT206, 600 až 800 V
Z1	zárovka 230 V/50 Hz, 100 W
P1	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová

### Ofukovací jednotka 1

K ofukování a tím i k ochlazování výkonových regulačních součástek jsem ve všech konstrukcích uváděných ve svých příspěvcích „Užitečná zapojení z dlouholeté praxe“ v časopise KE používal dva typy ofukovacích jednotek.

Tyto jednotky jsou velice spolehlivé, jednoduché a cenově dostupné, a dlouhodobým provozem jsou dokonale prověřené.

Při pročítání nejrůznějších zahraničních internetových fór jsem však objevil další jednoduchý proporcionální regulátor pro motor ventilátoru, který je rovněž cenově výhodný, a lze jej postavit ze „šuplíkových“ zásob.

Regulace otáček na nezbytně nutné minimum podle skutečné teploty uvnitř skřínky přístroje nebo na povrchu chladiče, která kolísá podle zatížení regulační součástky, je nejjednodušší možnost, jak snížit hladinu hluku způsobenou otáčením lopatek ventilátoru.

### Popis funkce

Schéma regulátoru, který řídí otáčky ventilátoru v závislosti na teplotě, je na obr. 28. Tento regulátor doporučuji všem k vyzkoušení. Oproti předcházejícím konstrukcím má výhodu, že pásmo regulace je nastaveno pevnými stabilními rezistory a je optimalizováno pro jeden typ ventilátoru. Pro někoho by to samozřejmě mohlo být na překážku, ale na konci této kapitoly si uvedeme jednoduchý postup, jak regulátor přizpůsobit jinému ventilátoru.

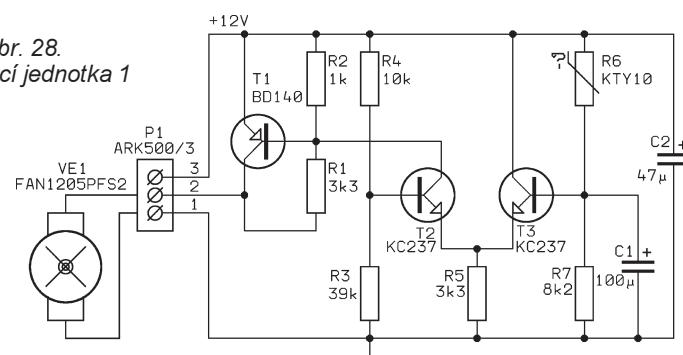
Tranzistory T2 a T3 pracují jako rozdílový zesilovač. Báze tranzistoru T2 má pevné předpětí nastavené děličem s rezistory R3 a R4. Podobně báze tranzistoru T3 dostává předpětí z děliče R6, R7. Součástka R6 je však odporové čidlo teploty typu KTY81-221 (s odporem 2 k $\Omega$  při teplotě 25 °C a teplotním koeficientem +0,79 %/K), takže předpětí báze tranzistoru T3 závisí na teplotě prostředí, ve kterém je čidlo R6 umístěno. Při zvyšování teploty čidla se jeho odpor zvětšuje, takže napětí na bázi tranzistoru T3 klesá. Naopak při poklesu teploty čidla R6 se jeho odpor zmenšuje, takže napětí na bázi tranzistoru T3 stoupá. Čidlo R6 je umístěno tak, aby snímal teplotu uvnitř skřínky přístroje nebo na povrchu chladiče.

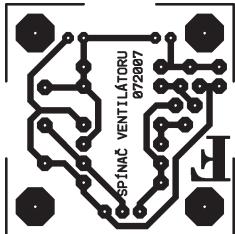
Emitory tranzistorů T2 a T3 jsou připojeny na zem přes společný rezistor R5. Větší proud protéká vždy tím z tranzistorů T2 nebo T3, jehož báze má vyšší předpětí.

Báze tranzistoru T3 je blokována proti zemi elektrolytickým kondenzátorem C1. Dostatečná kapacita tohoto kondenzátoru zabraňuje náhodným změnám napětí na bázi T3, které by mohly vznikat při náhodném rychlém kolísání měřené teploty. Kondenzátor C1 též udržuje po určité době tranzistor T3 uzavřený, takže motor ventilátoru dostává pro spolehlivý rozběh téměř plné napájecí napětí.

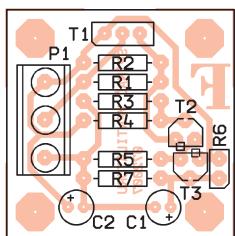
Napětím z kolektoru tranzistoru T2 je ovládána báze výkonového tranzistoru T1, který řídí proud tekoucí do moto-

Obr. 28.  
Ofukovací jednotka 1





Obr. 29. Obrazec plošných spojů ofukovací jednotky 1 (měř.: 1 : 1)



Obr. 30. Rozmístění součástek na desce ofukovací jednotky 1

ru ventilátoru. Zvyšuje-li se sledovaná teplota, klesá napětí na bázi tranzistoru T3, tranzistor T2 se otevírá a klesá napětí na bázi T1. Následkem toho se tranzistor T1 otevírá (je vodivosti PNP), zvětšuje se proud tekoucí do motoru ventilátoru a otáčky lopatek rostou. Ztrátový výkon tranzistoru T1 je natolik malý, že nepotřebuje chladič.

Rezistory R1 a R2 vytvářejí pevné napětí pro bázi tranzistoru T1, takže na ventilátoru je trvale napětí 7 V a jeho motor se otáčí minimálními otáčkami, i když je v důsledku nízké teploty tranzistor T2 uzavřen.

Ventilátor VE1 se připojuje na svorkovnici P1 ofukovací jednotky společně s napájecím napětím o jmenovité velikosti 12 V. Kladný pól ventilátoru se připojuje na vývod 2 P1, záporný pól na 1 P1. Kladný pól napájení se připojuje na vývod 3 P1, zem napájení na 1 P1. Rušivá napětí na napájecí sběrnici filtrouje kondenzátor C2.

### Konstrukce a oživení

Součástky ofukovací jednotky jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 29, rozmístění součástek na desce je na obr. 30.

Pro stavbu použijeme nové nebo přeměřené součástky a před pájením desku s plošnými spoji pečlivě zkонтrolujeme.

Jednotka nemá žádné seřizovací prvky, takže při pečlivém osazení a zapojení součástek pracuje na první zapojení.

Pokud chceme v této ofukovací jednotce použít jiný ventilátor, než je předepsaný, musíme změnit hodnoty několika součástek.

Prvním krokem je nastavení nejnižších otáček použitého ventilátoru při pokojové teplotě. Místo rezistoru R1 zapojíme trimr o odporu 6,8 (10) kΩ a při pokojové teplotě nastavíme nejnižší

a ještě netrhavé otáčky ventilátoru. Pak změříme odpor trimru a na desku zapojíme pevný rezistor s nejbližším odporem z řady E24.

Dalším krokem je nastavení maximálních otáček ventilátoru. Na místo rezistoru R5 připojíme opět trimr o odporu 6,8 (až 15) kΩ, senzor R6 zahřejeme (páječkou, vysoušečem vlasů apod.) a trimrem nastavíme otáčky motoru ventilátoru těsně pod maximum. Opět změříme odpor trimru a na desku zapojíme pevný rezistor s nejbližším odporem z řady E24.

Pro jistotu můžeme znova zkontrolovat nejnižší i nejvyšší otáčky motoru ventilátoru.

Jednotka prokázala spolehlivou funkci ve všech případech, kdy byla použita.

### Seznam součástek

R1, R5	3,3 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3	39 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R6	KTY81-221 (KTY10-6)
R7	8,2 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1	100 µF/16 V, radiální
C2	47 µF/16 V, radiální
T1	BD140 (BD136, BD138)
T2, T3	KC237
P1	ARK500/3, šroubovací svorkovnice třípólová
VE1	ventilátor FAN1205PFS2, 50 x 50 x 12 mm/12 V/1 VA

## Ofukovací jednotka 2

Pokud by některému konstruktérovi nevyhovovala předcházející ofukovací jednotka 1 kvůli tomu, že se její ventilátor neustále otáčí, i když minimálními otáčkami, upravil jsem jedno zahraniční schéma, které předkládám k možnému vyzkoušení a případnému používání v praxi.

### Popis funkce

Schéma zapojení druhé ofukovací jednotky je na obr. 31. Základem regulátoru otáček ventilátoru (v závislosti na teplotě) je operační zesilovač (OZ) s malým příkonem typu LM358 (IO1), který pracuje jako komparátor bez hysterese.

Jako čidlo teploty je tentokrát použita běžná křemíková dioda 1N4002 (D1),

na které je při proudu v propustém směru 10 mA úbytek napětí asi 0,6 V s teplotním koeficientem asi -2 mV/K. Ke snímání teploty můžeme použít křemíkové diody i jiného typu, než je uveden, např. diody TESLA řady KY130 nebo tranzistory KC237 apod., u kterých využijeme emitor jako katodu diody a bázi spojenou s kolektorem jako anodu diody.

Na neinvertující vstup OZ IO1 se přivádí referenční napětí, které je stabilizováno Zenerovou diodou D2 se Zenerovým napětím 3,3 V a přesně nastaveno trimrem R3. Proud Zenerovou diodou D2 je určován rezistorem R4.

OZ IO1 porovnává referenční napětí s teplotně závislým napětím z diody D1 snímající teplotu, které je přiváděno na invertující vstup OZ. Potřebný pracovní proud diody D1 (asi 10 mA) se zavádí rezistorem R2.

Výstup OZ IO1 je připojen přes rezistor R1 na bázi výkonového regulačního tranzistoru T1, který má ve svém emitoru zapojen motor ventilátoru VE1.

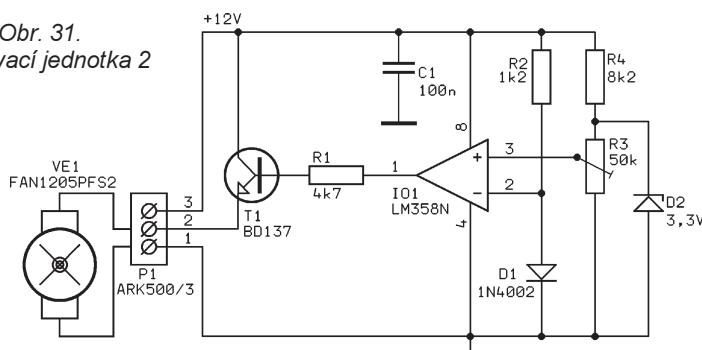
Protože zesílení OZ IO1 je velmi velké a není zmenšováno zápornou zpětnou vazbou, pracuje regulátor jako dvoustavový - ventilátor buď stojí, nebo má plné otáčky.

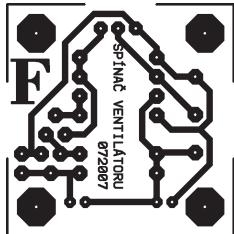
Mezní teplota, při které se ventilátor rozbíhá nebo zastavuje, závisí na velikosti referenčního napětí a nastavuje se trimrem R3. Pokud má D1 teplotu nižší než mezní, je na invertujícím vstupu OZ vyšší napětí než na neinvertujícím vstupu, výstup OZ je v záporné saturaci, na emitoru T2 je nulové napětí a ventilátor stojí. Když teplota D1 převýší mezní teplotu, poklesne napětí na invertujícím vstupu OZ pod úroveň napětí na neinvertujícím vstupu, výstup OZ přejde do kladné saturace, na emitoru T2 se zvětší napětí na asi +10 V a ventilátor se roztočí téměř naplně. Při poklesu teploty D1 pod mezní teplotu se ventilátor zase zastaví.

Výstup OZ přechází ze záporné do kladné saturace a naopak při velmi malé změně teploty, takže i když nemá komparátor hysterese, jeví se přechod jako skokový. Díky velké setrvačnosti změn teploty nemůže regulační soustava rychle kmitat.

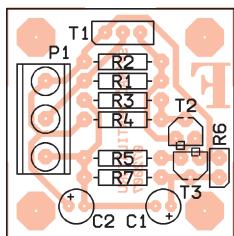
Regulátor je napájen ss napětím 12 V z externího zdroje, které se přivádí na svorkovnici P1 mezi vývody 1 (zem) a 3 (+). Na tutéž svorkovnici se připojuje i ventilátor - mezi vývody 1 (zem) a 2 (+).

Obr. 31.  
Ofukovací jednotka 2





Obr. 32. Obrazec plošných spojů ofukovací jednotky 2 (měř.: 1 : 1)



Obr. 33. Rozmístění součástek na desce ofukovací jednotky 2

### Konstrukce a oživení

Součástky ofukovací jednotky jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 32, rozmístění součástek na desce je na obr. 33.

Pokud použijeme dobré součástky, bezvadnou desku s plošnými spoji a budeme pečlivě pracovat, bude jednotka fungovat na první zapojení.

Seřizuje se pouze trimr R3. Diodu D1 zahřejeme na zvolenou mezní teplotu (např. v olejové lázni, jejíž teplotu měříme laboratorním teploměrem) a trimr R3 nastavíme tak, aby se ventilátor právě roztočil.

### Seznam součástek

R1	4,7 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2	1,2 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3	50 kΩ, trimr PT6V
R4	8,2 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1	100 nF, keramický
D1	1N4002 (KY130/80)
D2	BZX83V003.3, Zenerova dioda 3,3 V/0,5 W
T1	BD137 (BD135, BD139)
IO1	LM358N
P1	ARK500/3, šroubovací svorkovnice třípolová
VE1	ventilátor FAN1205PFS2, 50 x 50 x 12 mm/12 V/1 VA

## Elektronické tranzistorové zapalování

Několik čtenářů se na mně již v minulosti obrátilo s dotazem, zda bych neuveřejnil i nějaké elektronické zapalování pro stále jezdící vozy Škoda 105 a 120. Původně jsem chtěl takovou konstrukci, od roku 1979 v praxi ověřenou, uveřejnit, ale pak samozřejmě na ni nevyšel čas. Vše se nakonec povedlo až nyní.

Mezi nejdůležitější parametry zapalovacího impulsu patří strmost nárustu vysokého napětí, maximální velikost vysokého napětí naprázdno a doba hoření elektrického oblouku.

Strmost nárustu vysokého napětí má vliv na rychlosť zionizování prostředí, a tak ovlivňuje okamžik zapálení oblouku v zapalovací svíčce. Proto je velice důležité, aby byl nárust vysokého napětí co nejrychlejší.

Potřebná velikost napěťového impulsu, který způsobí zapálení oblouku, je především závislá na kompresním tlaku ve válci motoru, na vzdálenosti elektrod zapalovací svíčky a na režimu práce motoru. Při nezatíženém motoru postačuje impuls 5 až 10 kV. Pro bezpečné zapálení směsi v každém pracovním režimu motoru a za všech okolností je požadován impuls o napětí větším než 20 kV.

Zapalovací soustavy, používané v motorových vozidlech, lze rozdělit přibližně takto:

- běžná zapalovací soustava,
- tranzistorová zapalovací soustava,
- tyristorová zapalovací soustava,
- tranzistorová zapalovací soustava s omezením proudu,
- kombinovaná zapalovací soustava.

V roce 1977 se začaly v amatérských časopisech objevovat první konstrukce elektronických zapalování. Nejvíce bylo zastoupeno tyristorové zapalování, postupem času s příchodem vysokonapěťových výkonových tranzistorů se začaly objevovat i tranzistorové zapalovací soustavy. Mohu říci, že jako správný amatér jsem i já na své Škodě 120L vyzkoušel nejrůznější typy zapalovacích soustav.

Nejvíce se mi osvědčilo tranzistorové zapalování s omezením proudu osazené na výkonovém koncovém stupni tranzistorem KU608 v Darlingtonové zapojení. Následně bylo inovováno na tu dobu výborným spínacím tranzistorem SU169, který se vyráběl v bývalé NDR. Inspirací bylo zapalování publikované v Amatérském rádiu v 80. letech. Později jsem nahradil tranzistor SU169 ještě lepším tranzistorem BU931T, a mnoho takovýchto zapalování vmonovaných do hliníkových krabiček pro

odrušovací filtry řady WN 852 02 sloužilo všem vlastníkům škodovek a žigulek k plné spokojenosti minimálně 10 let.

Princip tranzistorové zapalovací soustavy s omezením proudu spočívá v tom, že v napájecím obvodu zapalovací cívky je doplněn proudový stabilizační rezistor. Ten zajišťuje nezávislost poskytované energie jak na napájecím napětí, tak i na rychlosti otáčení motoru. Oproti tyristorovému zapalování je tato soustava jednodušší, poskytuje delší dobu hoření jiskry i velký a strmý zapalovací impuls. Pokud se použije zapalovací cívka, která měla na svém tělese upavený předřadný rezistor, tak není nutné provádět úpravu běžné cívky, i když taková úprava není vůbec složitá. V prvních konstrukcích obvodu zapalování jsem také převíjel cívku z Tatry 603.

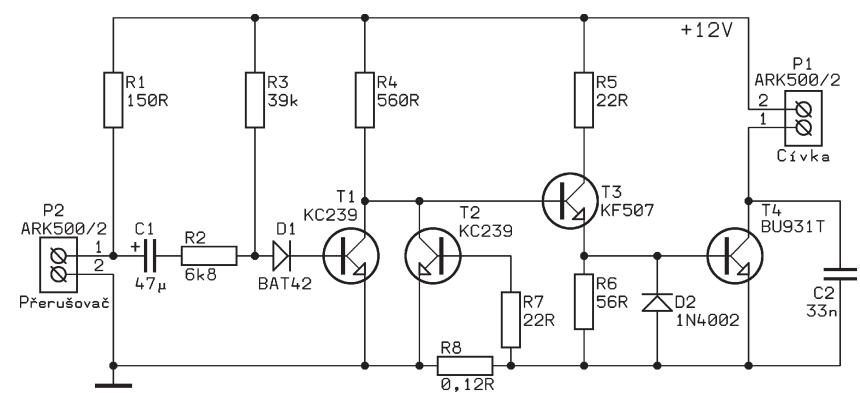
### Popis funkce

Schéma tranzistorového zapalování je na obr. 34. V podstatě se jedná o tranzistorový spínač, který spíná proud do primárního vinutí zapalovací cívky. Spínač je ovládán mechanickým přerušovačem rozdělovače.

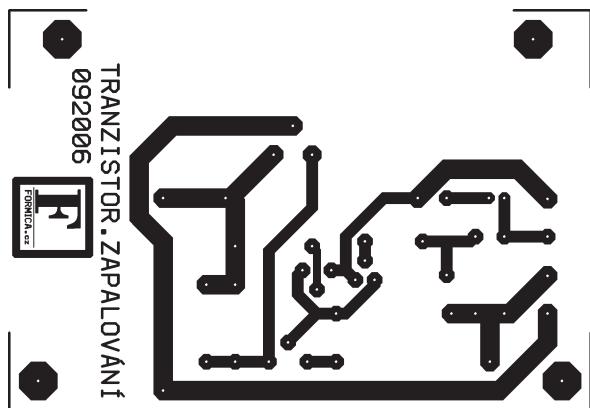
Napěťové impulsy vznikající vypínáním a spínáním mechanického kontaktu rozdělovače jsou ze svorkovnice P2 vedeny přes kondenzátor C1, rezistor R2 a usměrňovací diodu D1 a spínají tranzistor T1. Rezistory R1, R2 a R3 společně s kondenzátorem C1 způsobují, že proud zapalovací cívky zanikne, i když kontakt přerušovače zůstane trvale sepnutý. Pracovní bod tranzistoru T1 je nastaven rezistorem R3.

Na kolektor tranzistoru T1 je stejně směrně navázána báze tranzistoru T3 zapojeného se společným kolektorem, který proudově zesiluje přivedené napěťové impulsy a následně přes svůj emitor spíná výkonový tranzistor T4.

K ochraně tranzistoru T4 a kvůli dosažení sytéjší jiskry je paralelně k přechodu kolektor-emitor tranzistoru T4 zapojen do série se zapalovací cívko kvalitní svitkový kondensátor C2, který musí být dimenzován na ss napětí alespoň 630 V. Kapacita 33 nF kondenzátoru C2 byla stanovena jako optimální po několika pokusech na sestrojených vzorcích. Přechod báze-emitor tranzistoru T4 je chráněn diodou D2.



Obr. 34. Elektronické tranzistorové zapalování



Obr. 35. Obrazec plošných spojů indikátoru napětí elektronického tranzistorového zapalování (měř.: 1 : 1)

V okamžiku rozpojení přerušovače se všechny tranzistory uzavřou a v zapalovací cívce se indukuje impuls vysokého napětí. Vzniknou tlumené kmity, jejichž průběh příznivě upravuje kondenzátor C2.

Transistor T2 společně s rezistory R7 a R8 omezuje a stabilizuje proud  $I_O$  v zapalovací cívce na konstantní velikost. Zvětšování proudu  $I_O$  tekoucího primárním vinutím cívky a rezistorem R8 způsobuje otevření tranzistoru T2, a tím zavírání tranzistoru T3 a T4. Touto regulací je dosaženo, že při změnách napájecího napětí v rozsahu  $\pm 50\%$  se proud  $I_O$  mění v rozsahu jen  $\pm 8\%$ , což plně vyhovuje.

Odpor rezistoru R8 navrhne podle požadované velikosti omezeného proudu  $I_O$  pomocí vzorce:  $R8 = 0,7/I_O$ , přičemž  $I_O$  nevolíme větší než 6 A. Navržený odpor 0,12 Ω rezistoru R8 je zcela vyhovující.

Tranzistor T4 musí mít proudový zesilovací činitel alespoň 18. U předených transistorů nebyl ani u jediného zakoupeného kusu s tímto zesilovacím činitelem nejmenší problém.

Tranzistor T4 musí být důkladně chlazen, protože při nízkých otáčkách je jeho ztrátový výkon až 20 W. Se stoupajícími otáčkami ztrátový výkon tranzistoru T4 postupně klesá, při 3 000 ot/min. je již jen 9 W. Tranzistor T4 doporučují od chladiče elektricky izolovat pomocí slídové podložky potřené silikonovou vazelinou.

### Konstrukce a oživení

Stavba tohoto tranzistorového zapalování je velice jednoduchá a bezproblémová.

Všechny součástky jsou vývodové a jsou připojeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 35, rozmístění součástek na desce je na obr. 36.

Před pájením součástek zkонтrolujeme proti světlu, zda plošné spoje nejsou přerušené nebo zkratované.

Tranzistor T3 je opatřen vějířovým chladičem a výkonový tranzistor T4 je připevněn na chladič CH17/70. Oba chladiče jsou běžně dostupné v síti prodejen součástek pro elektroniku.

Zisk regulační smyčky proudu lze upravit změnou odporu rezistoru R7, a to především při kmitání soustavy. V praxi se však podobný nedostatek neprojeví.

Náhradní měření v amatérských podmínkách provedené na jednoduchém jiskřišti se dvěma hroty a pomocí polarizovaného relé prokázala, že tranzistorová zapalovací soustava poskytovala delší a plnější (systejší) jiskru než klasická zapalovací souprava s mechanickým přerušovačem. Dá se právem usuzovat, že i energie jiskry generované tranzistorovým zapalováním je podstatně větší než u klasické zapalovací soustavy. Zapalování fungovalo i při provozním napětí 6 V.

Zapalovací cívka byla použitá s předřadným rezistorem v keramickém tělesku, která se klasicky montovala na poslední typy automobilů Škoda řady 105 a 120. Tento rezistor byl odpojen a cívka byla použitá v zapalování bez něj a dalších mechanických úprav.

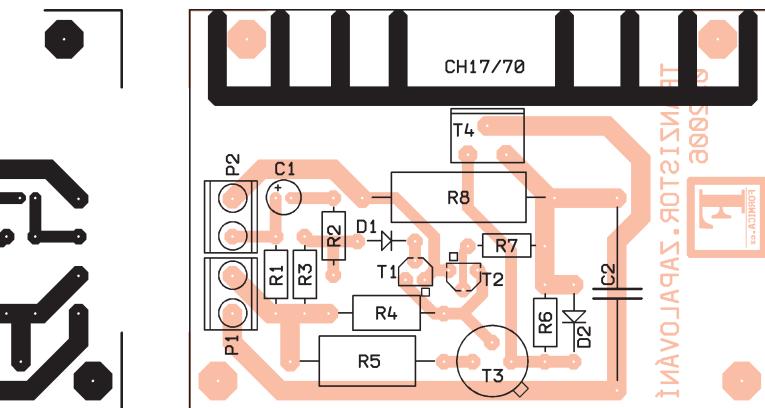
Posoudit zvětšení výkonu motoru nebo snížení spotřeby benzínu při provozu vozidla je v amatérských podmínkách bez objektivního měření téměř

nemožné. Podstatné však je, že se prokazatelně, a to především v zimním období, zlepšilo startování vozidla, a že chod motoru je klidnější.

V dlouhodobém provozu se tranzistorové zapalování ukázalo jako stabilní a spolehlivé a v průběhu let se v něm nevyskytla jediná závada, která by způsobila zastavení vozidla.

### Seznam součástek

R1	150 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R2	6,8 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3	39 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4	560 Ω/1 W, metal.
R5	22 Ω/2 W, drátový
R6	56 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R7	22 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R8	0,12 Ω/5 W, drátový
C1	47 μF/16 V, radiální
C2	33 nF/630 VAC, svitkový
D1	BAT42 (1N4148)
D2	1N4002
T1, T2	KC239
T3	KF507
T4	BU931T (SU169)
P1, P2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová



Obr. 36. Rozmístění součástek na desce elektronického tranzistorového zapalování

## Nízkofrekvenční technika

### Jednoduchý hi-fi zesilovač 2x 40 W

Že lze postavit velice kvalitní zesilovač s minimem součástek si ukážeme na této konstrukci. Zesilovač je zapojen na desce s dvoustrannými plošnými spoji, protože deska s jednostrannými spoji by vyžadovala příliš mnoha propojek, a to především u předzesilovače. Dvoustranné spoje též zajistují lepší stabilitu zapojení, vedou ke zmenšení základního v nadakustických pásmech a přispívají k potlačení přeslechů mezi kanály.

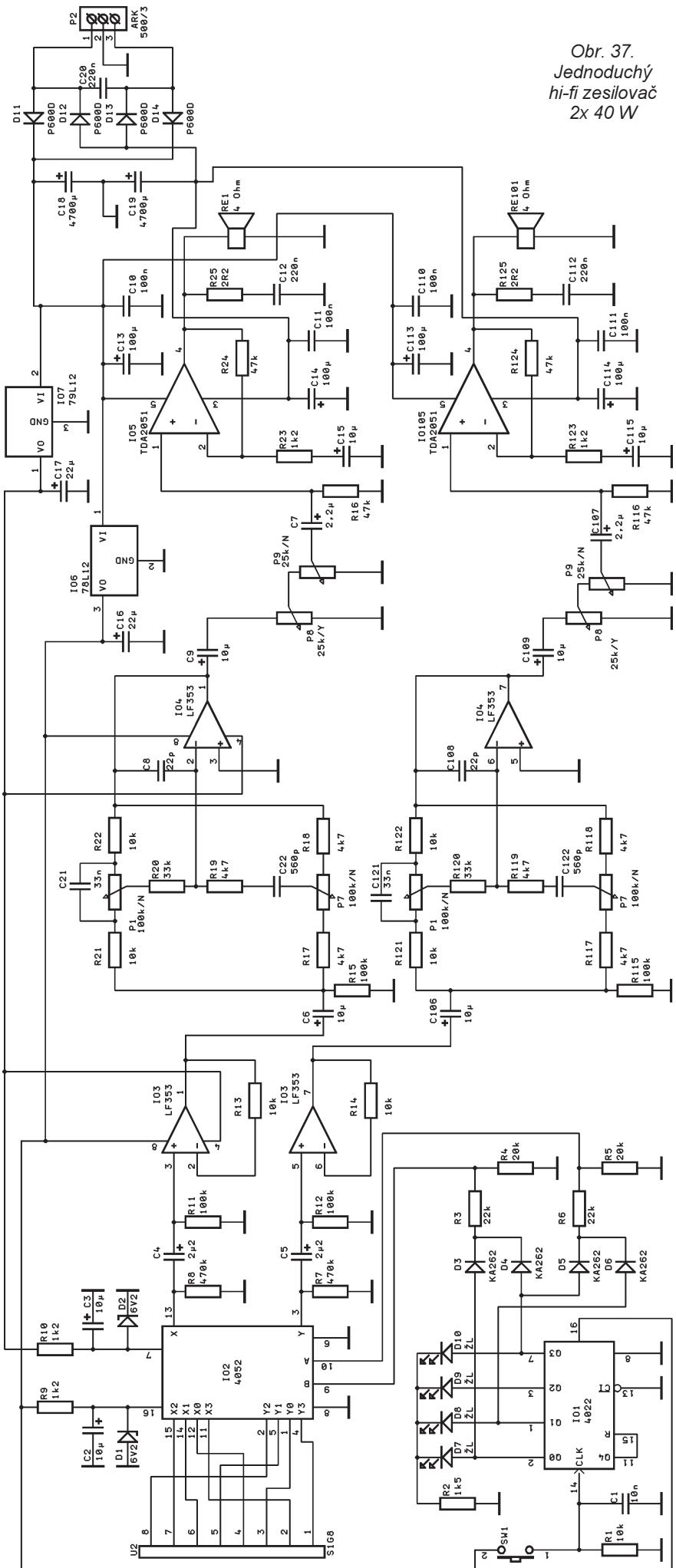
Jsem si však vědom toho, že si tento zesilovač vyzkouší podstatně méně konstruktérů, protože výroba desky s dvoustrannými spoji je dražší a složitější.

### Popis funkce

Schéma zesilovače je na obr. 37. Pro zjednodušení si popíšeme pouze levý kanál. V pravém kanálu jsou součástky stejné, pouze mají čísla o stovku větší.

Vstupní stereofonní nízkofrekvenční signály jsou přiváděny ze čtyř nezávislých zdrojů přes vstupní konektory (DIN nebo CINCH apod.) na vstupní svorkovnice U2. Zesilovač má vstupní citlivost 100 mV, takže na vstupní konektory musíme případně umístit odporové děliče napětí, kterými snížíme úroveň silnějších vstupních signálů.

Ze svorkovnice U2 postupují nf signály na jednotlivé vstupy analogového multiplexera 4052 (IO2). Multiplexer je nutné napájet symetrickým napětím, které je dobré stabilizováno a filtrováno.



Obr. 37.  
Jednoduchý  
hi-fi zesilovač  
2x 40 W

Jen tak se zachová dobrý odstup nf signálu od šumu a rušivých složek.

Multiplexer IO2 je ovládán binárními signály, které se přivádějí na jeho řídicí vstupy 9 a 10 IO2 z ovládacího obvodu.

Základem ovládacího obvodu je čtyřstupňový Johnsonův čítač 4022 (IO1), který má vždy jen jeden z výstupů ve vysoké úrovni H, zatímco ostatní výstupy jsou v nízké úrovni L. Taktovacími impulsy generovanými tlačítkem SW1 a přiváděnými na taktovací vstup 14 IO1 se čítač krokuje, díky čemuž se úroveň H postupně vystřídá na všech výstupech čítače. Zákmity taktovacích impulsů odstraňuje kondenzátor C1. Protože je třeba ovládat jen čtyři stavy multiplexeru IO2, je počet stavů čítače zredukován také jen na čtyři, a to propojením výstupu Q4 (11 IO1) s nulovacím vstupem R (15 IO1). Stav čítače indikují LED D7 až D10.

Signály z výstupů čítače IO1 jsou na řídicí vstupy multiplexeru IO2 přiváděny přes enkodér z diod D3 až D6, který mění jejich kód jedna ze čtyř na binární. Děliče napětí s rezistory R3 až R6 zmenšují rozsah řídicích signálů na polovinu, protože čítač IO1 je napájen napětím +12 V, zatímco multiplexer IO2 napájetem jen +6 V.

Použitý způsob ovládání multiplexeru IO2 zajišťuje, že při zapnutí zesilovače je vždy zvolen určitý prioritní zdroj nf signálu. Stiskáváním tlačítka SW1 pak lze volit v daném pořadí „stále do kola“ další zdroje nf signálu.

Z IO2 je nfn signál veden na oddělovací zesilovač s jednotkovým zesílením. V tomto zesilovači je využit operační zesilovač (OZ) IO3 typu LF353. Rezistory R8 a R11 zavádějí na vstupy OZ potenciál země a definují vstupní odpor zesilovače. Oddělovací zesilovač má velký vstupní a malý výstupní odpor, jak to vyžaduje pro svoji správnou funkci následující korekční zesilovač.

Korekční zesilovač obsahuje zpětnovazební korektor hloubek (s lineárním potenciometrem P1) a výšek (s lineárním potenciometrem P7). Při středním nastavení potenciometrů je kmitočtová charakteristika plochá, v krajních polohách je zdvih korekcí přibližně +14 nebo -14 dB. Stabilitu korektoru zlepšuje kondenzátor C8 zapojený v obvodu zpětné vazby OZ IO4.

Z korekčního zesilovače je nf signal veden do regulátoru hlasitosti s logaritmickým potenciometrem P8 a dále do regulátoru stereofonního vyvážení s lineárním potenciometrem P9. Potenciometr P9 je zapojen tak, že při otáčení doprava se zesiluje signál v pravém kanálu a zeslabuje signál v levém kanálu. Při otáčení doleva je tomu naopak.

Z běžeckého potenciometru P9 je nízko-frekvenční signál veden na neinvertující vstup (vývod 1) monolitického výkonového zesilovače IO5 typu TDA2051.

Zesílení výkonového zesilovače je určováno zpětnovazebním děličem s rezistory R23, R24 a je asi 40. Citlivost zesilovače lze snadno zvýšit zvětšením rezistoru R23.

šením odporu rezistoru R24. Pokud by zesilovač zakmitával, připojíme paralelně k R24 keramický kondenzátor o kapacitě 33 až 47 pF. Kdybychom chtěli citlivost zesilovače snížit, zmenšíme odpor rezistoru R23.

Ve zpětnovazebním děliči je zapojen oddělovací kondenzátor C15, který zajišťuje, že stejnosměrné zesílení výkonového zesilovače je jednotkové. Díky tomu se na výstupu zesilovače může vyskytovat jen malé ss napětí (řádu mV) vyvolané vstupní napěťovou nesymetrií zesilovače.

Aby výkonový zesilovač nekmital, jsou napájecí vývody IO5 důkladně zablokovány kondenzátory C10, C11, C13 a C14 a na výstupu IO5 je zapojen obvyklý Boucherottův článek se součástkami R25, C12.

Výstup zesilovače je vyveden na svorkovnici RE1. Pro uvedený výkon 30 W musí mít připojený reproduktor jmenovitou impedanci  $4 \Omega$ .

Pro snížení pořizovacích nákladů a zjednodušení celkového zapojení zesilovače nejsou jeho součástí žádné aktivní ochranné obvody, které by chránily připojené reproduktorské soustavy před „spálením“ v případě, když se při poškození výkonového IO objeví na jeho výstupu „tvrdé“ ss napájecí napětí.

Celý zesilovač je napájen symetricky ze síťového transformátoru, jehož sekundární vinutí  $2 \times 16$  až  $18 \text{ V}/6 \text{ A}$  je připojeno na napájecí svorkovnici P2. Střídavé napětí ze svorkovnice P2 je usměrňováno diodami D11 až D14 a vyhlazováno kondenzátory C18 a C19. Usměrňovač je odrušen kondenzátorem C20.

Na vyhlazovacích kondenzátorech C18 a C19 je ss napětí  $\pm 20$  až  $\pm 25 \text{ V}$ , kterým se napájejí výkonové stupně zesilovače.

Pro korekční zesilovač je napětí z vyhlazovacích kondenzátorů zmenšováno stabilizátory 78L12 (IO6) a 79L12 (IO7) na  $\pm 12 \text{ V}$ .

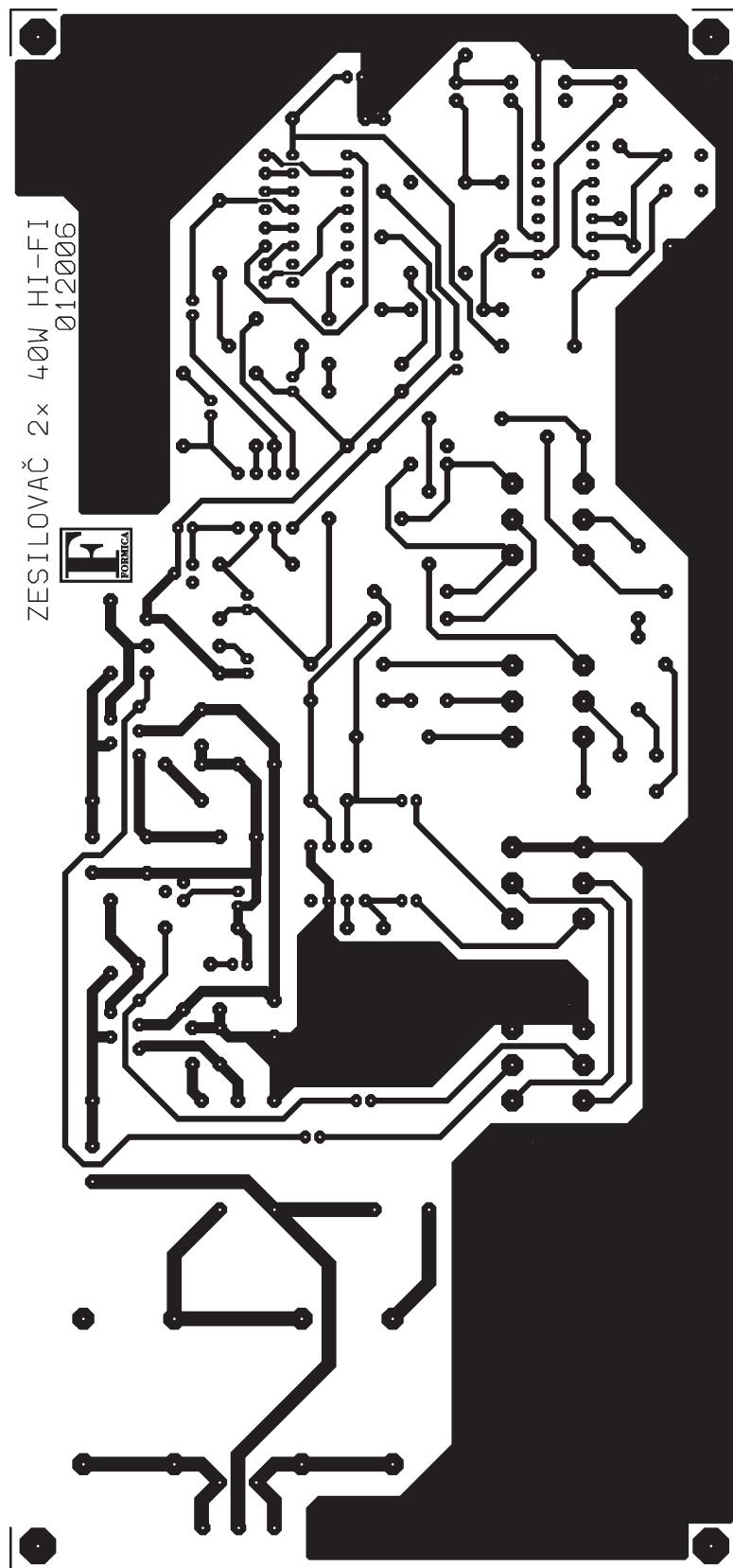
Pro napájení multiplexeru IO2 je napětí  $\pm 12 \text{ V}$  ještě dále zmenšováno na přibližně  $\pm 6 \text{ V}$  stabilizátory se Zenerovými diodami D1, D2.

Všechna napájecí napětí jsou důkladně blokována řadou elektrolytických a keramických kondenzátorů (C2, C3, C16, C17, C10, C11, C13, C14 atd.)

### Konstrukce a oživení

Zesilovač je zkonstruován z běžných vývodových součástek na desce s oboustrannými plošnými spoji. Obrazec spojů na straně spojů (pájení) je na obr. 38, obrazec spojů na straně součástek je na obr. 39, rozmístění součástek na desce na straně součástek je na obr. 40.

Konstrukce nemá žádné závludnosti, jen je nutné dodržet zásady při práci s integrovanými obvody CMOS, proměnit pasivní součástky a provést nezbytně nutnou kontrolu desky s plošnými spoji, zda spoje nejsou přerušené nebo zkratované měděnými můstky.

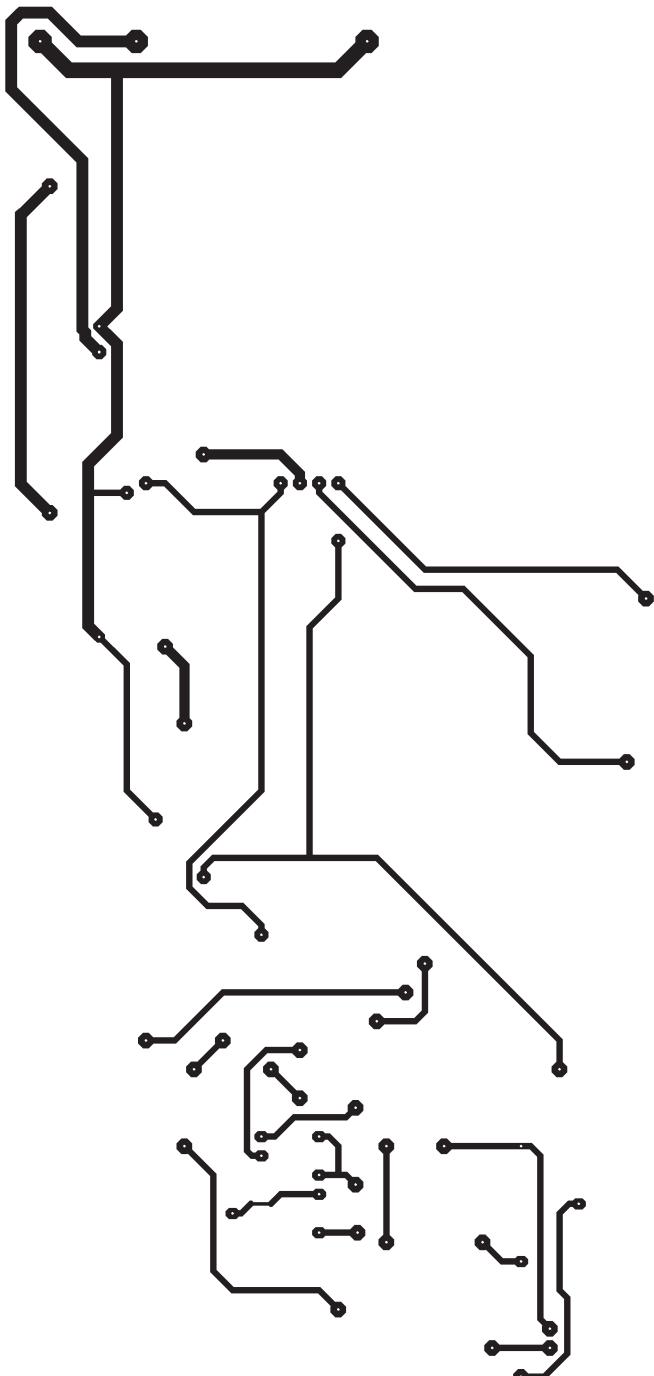


Obr. 38. Obrazec plošných spojů na straně spojů (pájení) jednoduchého hi-fi zesilovače 2x 40 W (měř.: 1 : 1)

Výkonové obvody IO5 a IO105 musejí být umístěny na dostatečně dimenzovaném a povrchově upraveném chladiči. Od chladiče musejí být izolovány slídrovou podložkou, kterou pro lepší přestup tepla potřeme tepelně vodivou pastou (silikonovou vazelinou). Od výkonových obvodů musejí být izolovány i upevňovací šroubkami.

Reprodukčnost zesilovače je 100 %. Při pečlivém osazení bezchybných součástek bude zesilovač pracovat na první zapojení.

Při oživování je nutné jen pro pořádek zkontořovat stejnosměrná napětí na stabilizátorech kladného a záporného napětí (+12 a -12 V) a na Zenerových diodách D1 a D2 (+6 a -6 V).



Obr. 39. Obrazec plošných spojů na straně součástek jednoduchého hi-fi zesilovače 2x 40 W (měř.: 1 : 1)

Předzesilovač i korekční zesilovač jsou díky svému zapojení natolik silně symetrickovány, že při běžném provozu byla na výstupech OZ IO3 a IO4 naměřena stejnosměrná napětí o maximální velikosti 5 mV.

Doporučuj obvody CMOS IO1 a IO2 nepájet přímo na desku, ale osadit je do objímek.

Operační zesilovače IO3 a IO4 lze nahradit i jinými typy, jako např. LM833, NE5532, TL072 apod. Doporučuji však dodržet předepsaný typ LF353, který tvoří s obvody CMOS ideální kombinaci zajišťující minimální přeslechy, malé intermodulační zkreslení, velkou přebuditelnost korekčního zesilovače a vysoký odstup signál/šum.

Tandemové potenciometry jsou vybírány na souběh 3 dB. Lze však použít i běžné neproměřované potenciometry. Svitkové kondenzátory C21 a C22 jsou vybírány v toleranci 5 %.

Desku zesilovače s chladičem i síťový transformátor vestavíme do větší kovové skřínky s větracími otvory. Síťový transformátor doporučuji chránit dvěma pojistkami 3 A, které zapojíme do přívodů 1 a 3 od sekundárního vinutí ke svorkovnici P2. Pro přívod sítě se musí použít trizilová síťová šnúra, jejíž ochranný vodič PE (zelenožlutý) spojime se skřínkou.

Technické detaily rozmístění jednotlivých částí zesilovače ve skřínce ponechávám na uvážení konstruktéroví.

U funkční vzorku zesilovače byly naměřeny následující parametry:

- zkreslení nf signálu v pásmu 20 Hz až 30 kHz je max. 0,2 %,
- odstup signál/šum na 1 kHz je 90 dB,
- přebuditelnost vstupů je 16 dB,
- rozsah regulace hloubek je  $\pm 14$  dB na kmitočtu 63 Hz,
- rozsah regulace výšek je  $\pm 14$  dB na kmitočtu 12,5 kHz,
- sinusový výkon v každém kanálu je 42 W do zátěže 4  $\Omega$  na kmitočtu 1 kHz při harmonickém zkreslení 1 % a napájecím napětí  $\pm 25$  V,
- výkonová kmitočtová charakteristika je 20 Hz až 30 kHz/-1dB,
- maximální sinusový výkon při harmonickém zkreslení 10 % je 58 W,
- ss napětí na výstupní svorkovnici RE1 pro reproduktor bylo naměřeno do 2 mV při všech výkonech.

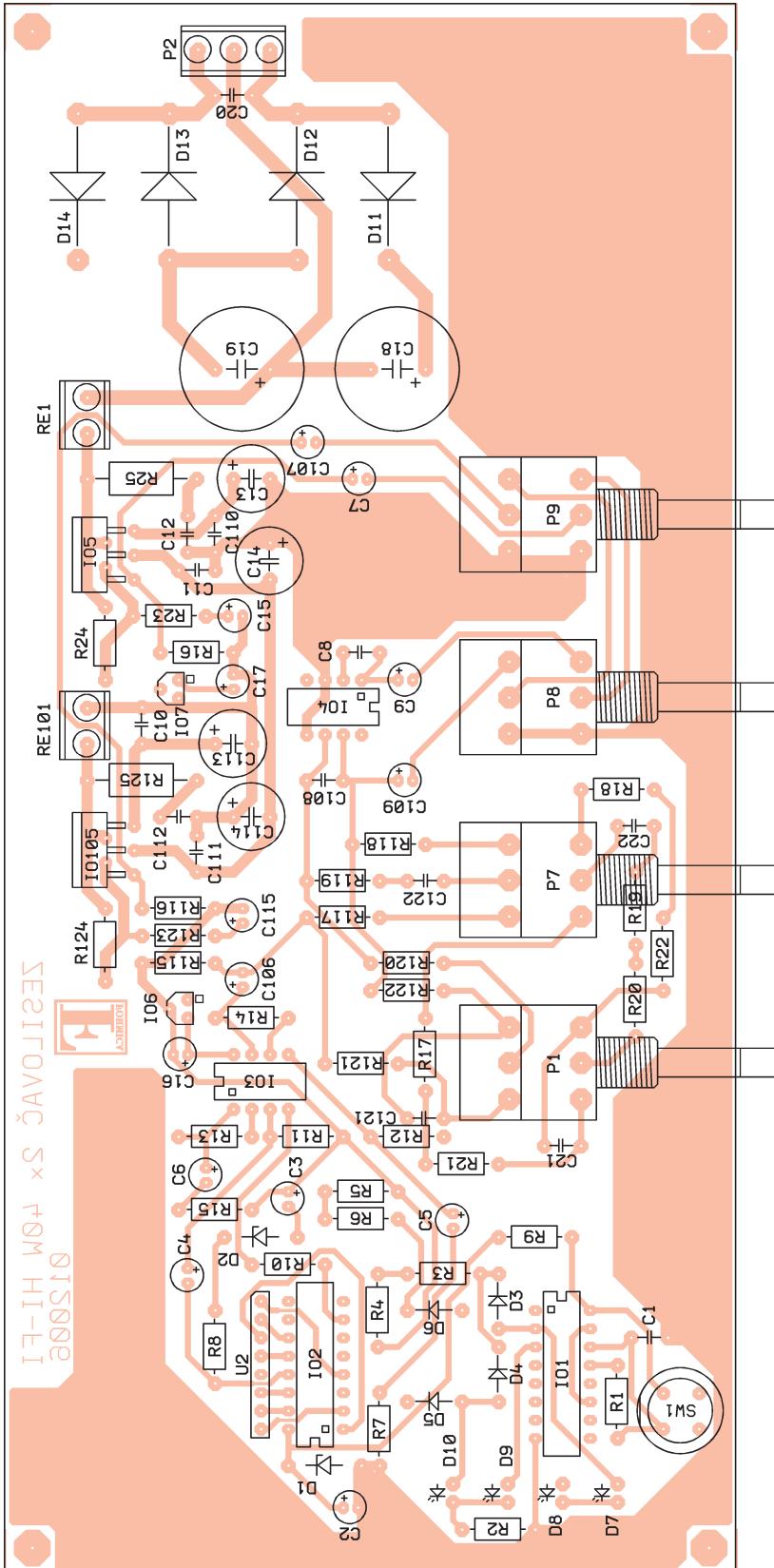
Dosažené výsledky potvrzují právem uváděný celkový sinusový výkon až 60 W při harmonickém zkreslení signálu (THD) 10 %.

K tomuto zesilovači lze velice dobře připojit indikátor vybuzení s IO LM3915 (viz KE 6/2006). Nastavení indikátoru pro indikaci maximálního sinusového výkonu 50 W je otázkou několika minut a zvládne ho opravdu každý zručný amatér.

K zesilovači lze místo reproduktoričeských soustav o jmenovité impedance 4  $\Omega$  připojit i reproduktoričeské soustavy o jmenovité impedance 8  $\Omega$ , dosažitelný výkon však bude přiměřeně menší.

### Seznam součástek

R1, R13, R14, R21, R22, R121, R122	10 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R2	1,5 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R3, R6	22 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R4, R5	20 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R7, R8	470 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R9, R10, R23, R123	1,2 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R11, R12, R15, R115	100 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R16, R24, R116, R124	47 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R17, R18,	



Obr. 40. Rozmístění součástek na desce jednoduchého hi-fi zesilovače 2x 40 W

R19, R117,	C1	10 nF, keramický
R118, R119	C2, C3,	
4,7 kΩ/1 %/0,5 W, metal.	C6, C9,	
R20, R120	C15, C106,	
33 kΩ/1 %/0,5 W, metal.	C109, C115	10 µF/25 V, radiální
R25, R125	C4, C5	2,2 µF/25 V, radiální
2,2 Ω/1 %/0,5 W, metal.	C7, C107	2,2 µF/25 V, radiální
P1, P7	C8, C108	22 pF, keramický
100 kΩ/N, potenciometr	C10, C11,	
TP169/32 mm	C110, C111	100 nF, keramický
P8		
25 kΩ/Y, potenciometr		
TP169A/32 mm		
P9		
25 kΩ/N, potenciometr		
TP169A/32 mm		

C1	10 nF, keramický
C2, C3,	
C6, C9,	
C15, C106,	
C109, C115	10 µF/25 V, radiální
C4, C5	2,2 µF/25 V, radiální
C7, C107	2,2 µF/25 V, radiální
C8, C108	22 pF, keramický
C10, C11,	
C110, C111	100 nF, keramický

C12, C20,	220 nF, keramický
C112	100 µF/25 V, radiální
C13, C14,	22 µF/25 V, radiální
C113, C114	4 700 µF/25 V, radiální
C16, C17	33 nF, TC351
C18, C19	560 pF, TC352
C21, C211	BZX85V006.2, Zenerova
C22, C222	dioda 6,2 V/1,3 W
D1, D2	KA262 (1N4148)
D3, D4,	LED žlutá
D5, D6	P600D
D7, D8,	CD4022
D9, D10	CD4052
D11 až D14	LF353
IO1	LF353
IO2	TDA2051
IO3	78L12
IO4	79L12
IO5, IO105	SW1
IO6	P-DT6, spínací tlačítko
IO7	ARK500/3, šroubovací
SW1	svorkovnice trojpólová
P2	ARK500/3, šroubovací
RE1, RE101	svorkovnice dvoupólová
U2	kontaktní lišta,
	vidlice osmipólová

## Jednoduchý hi-fi zesilovač 2x 50 W s LM4780

Že lze postavit velice kvalitní výkonový zesilovač s minimem součástek si ukážeme na této konstrukci, která má velice jednoduché zapojení. Na druhou stranu však ke snížení přeslechů, šumů a záklmitů musí být použita deska s oboustrannými plošnými spoji.

Základ tohoto velmi kvalitního stereofonního zesilovače tvoří moderní monolitický výkonový nf zesilovač LM4780 výrobce National Semiconductor.

Uvedeme si alespoň hlavní technické parametry tohoto obvodu:

- Sinusový výkon je 2x 50 W do zátěže 4 Ω při napájení ±25 V a harmonickém zkreslení maximálně 0,5 % na referenčním kmotku 1 kHz.
- Při výkonu 2x 30 W do zátěže 4 Ω je harmonické zkreslení 0,07 % a kmotková charakteristika je 20 Hz až 20 kHz/-1 dB.
- Rychlosť přeběhu je typicky 19 V/µs.
- Odstup signál/šum je min. 80 dB.

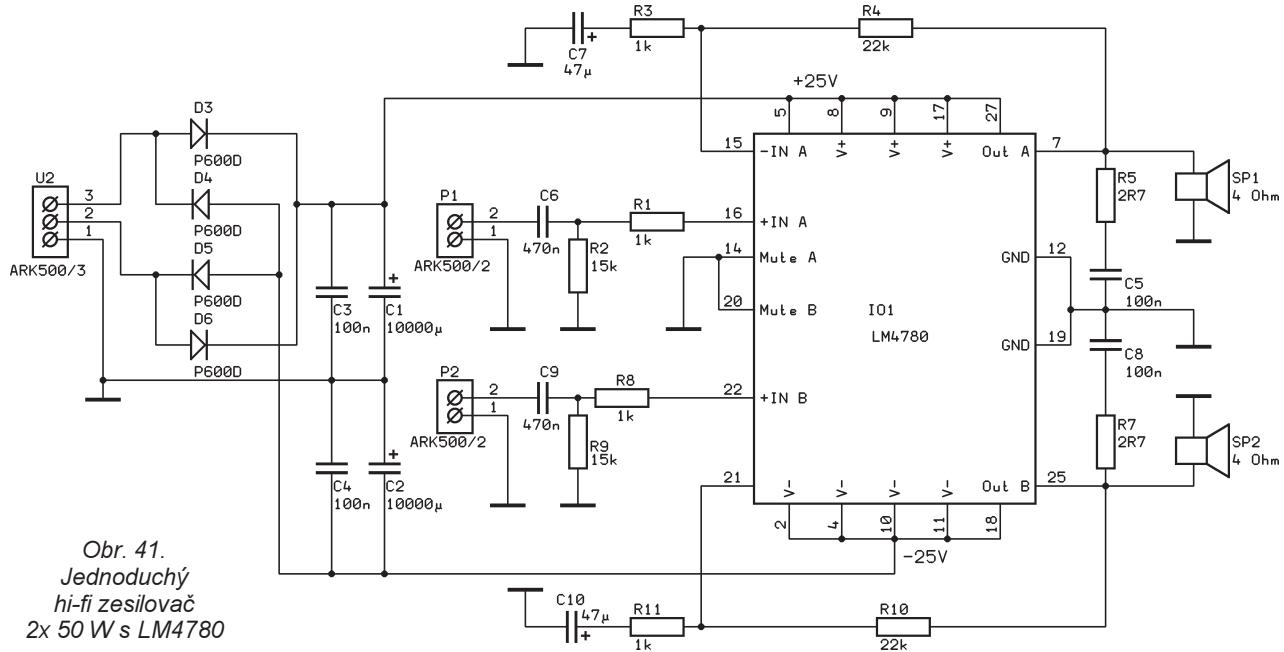
### Popis funkce

A nyní již se podíváme na schéma, které je na obr. 41. Pro jednoduchost si popíšeme levý kanál.

Přístroj je velmi jednoduchý, kromě monolitického výkonového stereofonního zesilovače LM4780 (IO1) obsahuje jen něco přes 20 součástek.

Vstupní nf signál je přiváděn na svorkovnici P1. Citlivost zesilovače pro plné vybuzení je asi 0,6 až 0,75 V.

Ze svorkovnice P1 postupuje nf signál přes oddělovací kondenzátor C6



Obr. 41.  
Jednoduchý  
hi-fi zesílovač  
2x 50 W s LM4780

a oddělovací rezistor R1 na neinvertující vstup 16 IO1. Vstupní odpor zesílovače je asi  $15\text{ k}\Omega$  a je určován odporem rezistoru R2, kterým se zavádí potenciál země na vstup IO1.

Napěťové zesílení IO1 je asi 23 a je určováno zpětnovazebním děličem s rezistory R3 a R4. Změnou odporu těchto rezistorů můžeme v malých mezech podle potřeby zesílení upravit.

Oddělovací kondenzátor C7 ve zpětnovazebním děliči zajišťuje jednotkové zesílení IO1 pro ss vstupní napětí. Díky tomu vstupní napěťová nesymetrie obvodu IO1 může vyvolat jen malé ss napětí na výstupu IO1.

Stabilitu zesílovače při částečně indukční zátěži podporuje Boucherottův článek se součástkami R5 a C5, který je zapojen mezi výstup IO1 a zem.

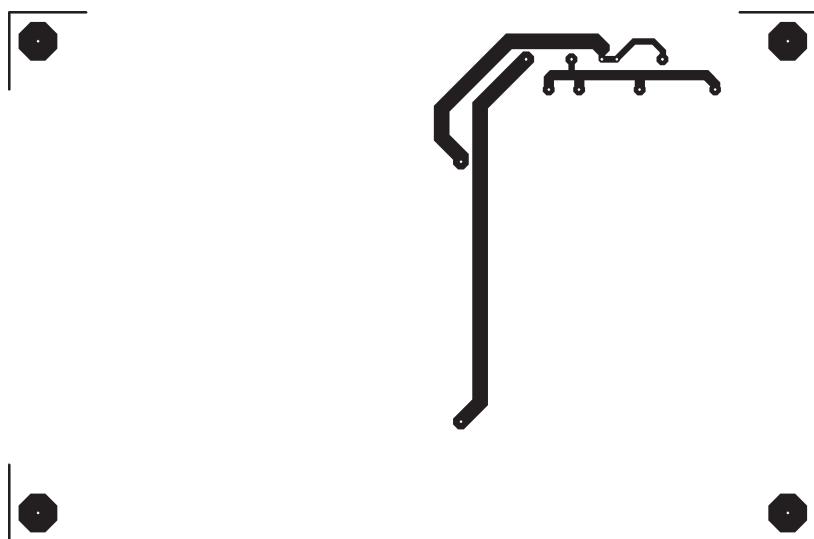
Zesílovač je napájen symetricky ze síťového transformátoru, který musí být dimenzován na výkon nejméně 100 VA (tentot transformátor není nakreslen ve schématu).

Sekundární napětí 2x 17 až 22 V/5 A se přivádí na napájecí svorkovnice U2. Pak je usměrněno výkonovými diodami D3 až D6 a vyhlažováno elektrolytickými kondenzátory C1 a C2. Keramické kondenzátory C3 a C4 blokují vf složky napětí na napájecích sběrnicích. Aby zesílovač mohl poskytovat uváděný sinusový výkon 2x 50 W do zátěže  $4\ \Omega$ , musí být na vyhlažovacích kondenzáto- rech klidové napětí  $\pm 25$  až  $\pm 30$  V a zdroj musí být dostatečně tvrdý.

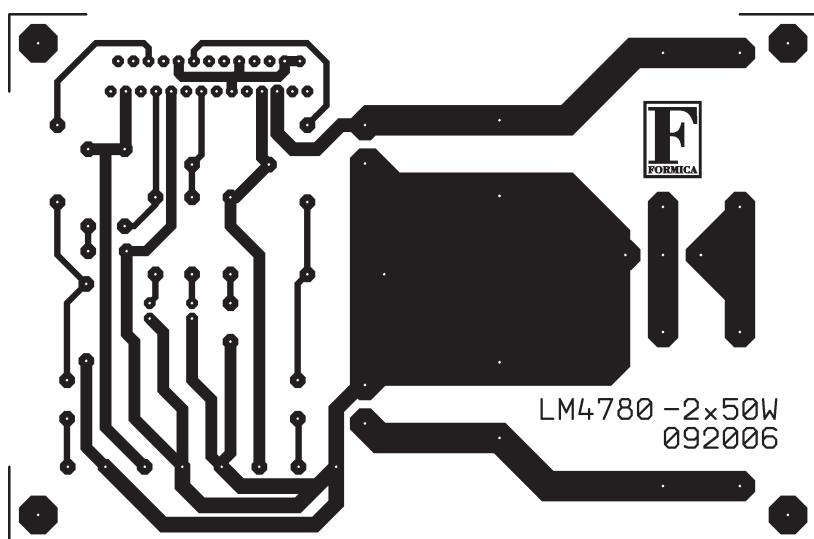
### Konstrukce

Zesílovač je zkonstruován z vývodových součástek na desce s oboustrannými plošnými spoji. Obrazec spojů na straně spojů (pájení) je na obr. 42, obrazec spojů na straně součástek je na obr. 43, rozmístění součástek na desce na straně součástek je na obr. 44.

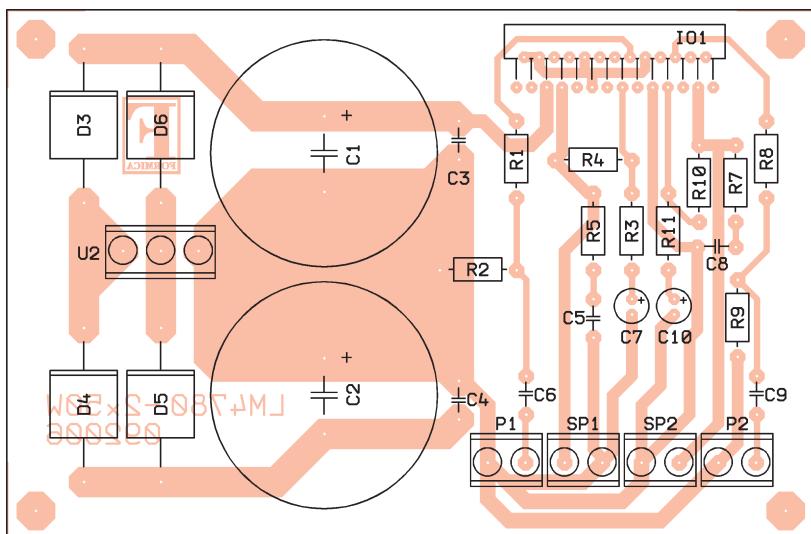
Oboustranné plošné spoje jsou použity proto, aby napájecí napětí mohlo



Obr. 42. Obrazec plošných spojů na straně spojů (pájení)  
jednoduchého hi-fi zesílovače 2x 50 W s LM4780 (měr.: 1 : 1)



Obr. 43. Obrazec plošných spojů na straně součástek  
jednoduchého hi-fi zesílovače 2x 50 W s LM4780 (měr.: 1 : 1)



Obr. 44. Rozmístění součástek na desce jednoduchého hi-fi zesilovače 2x 50 W s LM4780

být přiváděno širokými spoji co nejkratší cestou ke všem napájecím vývodům IO1. Navržené rozmístění součástek a vhodně vedené zemnění zaručují velice dobré akustické výsledky a velkou stabilitu zapojení. Zkoušel jsem navrhnutí i desku s jednostrannými plošnými spoji, ale výsledek byl velice špatný. Mnoho spojek, zákmytí v nadakustickém pásmu a silný brum rozhodly na konec o tom, že deska je oboustranná.

Při pečlivém osazování součástek a dobrém pájení bude zesilovač pracovat na první zapojení.

Funkce stand-by není v této stacionární konstrukci využita, i když samozřejmě ji lze uskutečnit. Stačí k tomu rezistor o odporu 15 kΩ, jehož jeden vývod připojíme na zápornou větev napájení a druhý vývod přes spínač na vývody 14 a 20 IO1, u nichž „přeškrábnutím“ plošného spoje zrušíme jejich spojení se zemí.

Pro rozptýlení vyvíjeného tepla musíme IO1 opatřit dostatečně dimenzovaný chladičem. Pro lepší přenos tepla potřebme styčné plachy IO1 a chladiče tepelně vodivou pastou.

Zesilovač spolu se síťovým transformátorem vestavíme do pevné kovové skřínky.

### Seznam součástek

R1, R3, R8, R11	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2, R9	15 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4, R10	22 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5, R7	2,7 Ω/1 %/0,5 W, metal.
C1, C2	10 000 µF/35 V, radiální
C3, C4, C5, C8	100 nF, keramický
C6, C9	470 nF, TC352
C7, C10	47 µF/35 V, radiální
D3 až D6	P600D
IO1	LM4780
SP1, SP2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová
P1, P2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová
U2	ARK500/3, šroubovací svorkovnice trojpólová

### Popis funkce

Schéma zesilovače je na obr. 45. Jedná se vlastně o samostatný stereofonní výkonový zesilovač v můstkovém zapojení, ve kterém všechny funkce jsou soustředěny v jediném výkonovém obvodu IO1 typu TDA1554Q.

Vstupní nf signál, odebraný např. ze stereofonního korekčního zesilovače, je přiváděn na vstupní svorkovnici U1. Odtud je pak veden přes oddělovač svitkových kondenzátorů C1 a C2 přímo na vstupy IO1. Potřebné předpětí je na vstupy zaváděno z obvodu obsaženého uvnitř IO1.

Aby se potlačily rázy v reproduktorech po zapnutí napájecího napětí, je k vývodu 4 IO1 připojen elektrolytický kondenzátor C4. Po zapnutí vnějšího napájecího napětí se díky pozvolnému nabíjení tohoto kondenzátoru plynule zvyšuje i napájecí napětí uvnitř IO1 a tím se předchází „lupancům“ v nf signálu.

Ochranné obvody, které zabraňují kmitání zesilovače v nadakustickém pásmu, jsou implementovány uvnitř IO1, a není nutné je připojovat zvenčí.

Reproduktoři o jmenovité impedance 4 Ω jsou připojeny k IO1 přes výstupní svorkovnice RE1 a RE2.

Pokud zapojíte mezi vývody 14, 13 a 5 IO1 vypínač, můžete využít funkci stand-by. V této konstrukci není s uvedeným vypínačem počítáno a je nahrazen vodičem drahou plošného spoje. Spoj lze samozřejmě kdykoliv přerušit a tím tuto funkci obnovit. Jsem však přesvědčen, že při síťovém napájení zesilovače je funkce stand-by zbytečná.

Zesilovač je napájen asymetricky z velmi jednoduchého nestabilizovaného síťového zdroje.

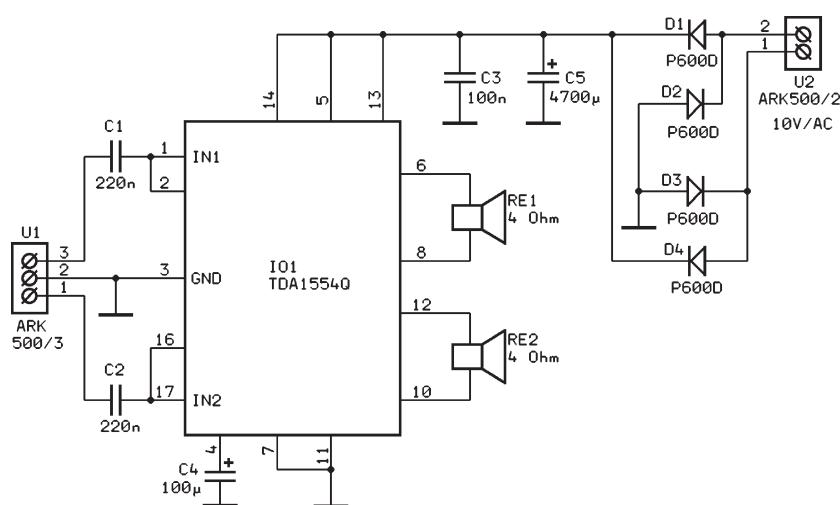
Zdroj obsahuje síťový transformátor o výkonu 50 až 60 VA, který není na kreslení ve schématu. Sekundární vinutí 10 až 11 V/5 A síťového transformátoru je připojeno na napájecí svorkovnici U2. Střídavé napětí ze svorkovnice U2 je dvojcestně usměrňováno diodovým můstkom složeným z výkonových diod D1 až D4 a následně vyhlažováno a filtrováno elektrolytickým kondenzátorem

### Nf zesilovač 2x 20 W s IO TDA1554Q

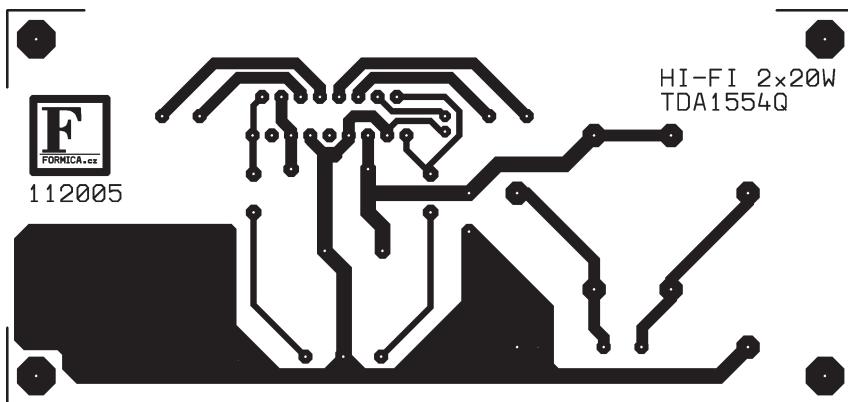
V minulosti byly mezi radioamatéry velice oblíbené konstrukce nízkofrekvenčních zesilovačů, které byly velmi jednoduché, nenáročné na množství součástek a nastavení, a rovněž relativně levné. Přitom svými vlastnostmi se téměř blížily parametrům stanoveným pro třídu hi-fi.

Tomuto trendu chci zůstat věrný i nyní, a pro mnoho čtenářů, kteří mě žádali o uvedení konstrukcí tohoto typu, jsem se rozhodl sestrojit a prakticky ověřit několik nízkofrekvenčních zesilovačů, které rozehodně splní jejich očekávání.

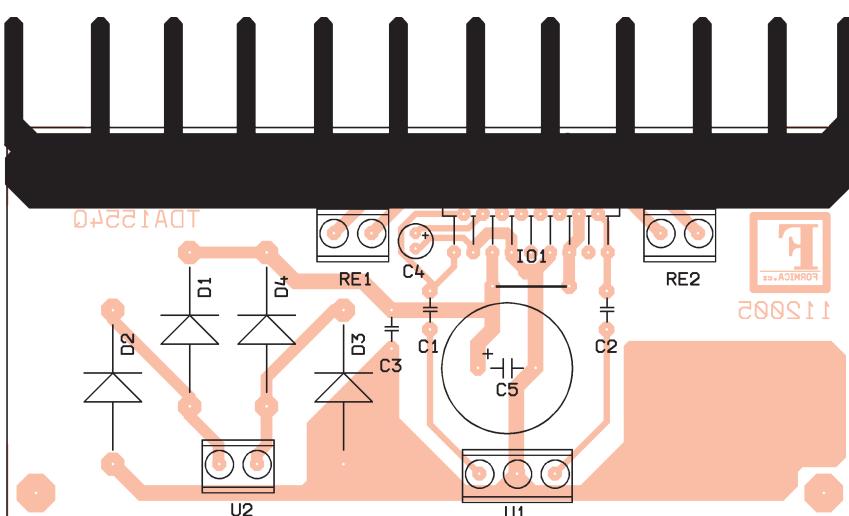
Velice známý a oblíbený je výkonový monolitický nízkofrekvenční zesilovač TDA1554Q, který vyrábí několik předních světových výrobců elektronických součástek. Svou konstrukcí je určen pro zesilovače do osobních automobilů, ale jak sami uvidíte, lze ho velmi dobře využít i v domácích podmínkách, kde dosahované akustické (hudobní) výkony se pohybují v rozmezí 2 až 15 W/kanál.



Obr. 45. Nf zesilovač 2x 20 W s IO TDA1554Q



Obr. 46. Obrazec plošných spojů nf zesilovače 2x 20 W s TDA1554Q (měř.: 1 : 1)



Obr. 47. Rozmístění součástek na desce nf zesilovače 2x 20 W s TDA1554Q

C5 a keramickým kondenzátorem C3. Doporučená maximální velikost napájecího napětí nevybuzeného zesilovače na kladném pólu kondenzátoru C5 je 15 V.

Zesilovač má výkon 2x 20 W do zátěže 4 Ω při napájecím napětí 15 V a harmonickém zkreslení 0,2 %. Odstup signál/šum je minimálně -60 dB, vstupní impedance je typicky 50 kΩ. Napájecí napětí se může pohybovat v rozsahu +6 až +18 V.

### Konstrukce a oživení

Součástky zesilovače jsou připájené na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 46, rozmístění součástek na desce je na obr. 47.

Zesilovač je nezáludný a jeho stavba je natolik jednoduchá, že ji musí zvládnout i amatér, který s elektronikou teprve začíná.

Desku s plošnými spoji nejprve proti světlu prohlédneme a zkontrolujeme, zda spoje nejsou přerušené nebo zkraťované. Pak zapojíme všechny součástky, nejprve pasivní, a po nich aktivní. Musíme též připájet jednu drátovou propojku (u IO1), bez jejího zapojení zesilovač nebude pracovat.

Výkonový IO1 je opatřen chladičem typu ZH610, který byl zakoupen v pro-

dejně Ferona. Styčné plochy chladiče a IO1 jsou potřeny tepelně vodivou pastou (silikonovou vazelinou) ke zlepšení přestupu tepla. Chladič je připevněn k desce s plošnými spoji samořeznými šroubkami 3,5 x 10 mm s pružnými podložkami (nejprve je nutné chladič a IO1 mechanicky upevnit, pak se teprve IO1 připájí). Samozřejmě lze použít i jiný dostatečně dimenzovaný chladič.

Pokud se chladič neodizoluje od IO1, nesmí být vodivě spojen s kovovou skříňkou, protože kovová chladicí ploška na pouzdrou IO1 je spojena s vnitřními obvody IO1.

Zapojený zesilovač ožívíme. Připojíme napájecí napětí a zkontrolujeme, že mezi oběma vývody výstupní svorkovnice RE1 je zanedbatelné ss napětí (maximálně 150 mV). Totéž zkontrolujeme i u svorkovnice RE2. Změříme též klidový napájecí proud obvodu IO1, který je typicky 80 mA. Pak připojíme reproduktory a zdroj vstupního nf signálu a zesilovač vyzkoušíme v praxi.

Zesilovač včetně síťového transformátoru vestavíme do kovové skřínky, do které můžeme umístit i vhodný korekční zesilovač.

Do přívodu od sekundárního vinutí síťového transformátoru ke svorkovnici U2 na desce zesilovače zapojíme rychlou trubičkovou pojistku F 5 A o rozmerech 5 x 20 mm. Pro přívod sítě mu-

sí být použita třížlová síťová šňůra, jejíž ochranný vodič PE (zelenožlutý) spojime se skřínkou.

### Seznam součástek

C1, C2	220 nF, TC350
C3	100 nF, keramický
C4	100 µF/10 V, radiální
C5	4 700µF/25 V, radiální
D1 až D4	P600D
IO1	TDA1554Q
RE1, RE2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová
U1	ARK500/3, šroubovací svorkovnice trojpólová
U2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová

## Nf zesilovač s IO TA8210AH

Ve chvílích trávených v dílně jsem občas zatoužil po nějaké hezké hudbě, která by se linula z již téměř nadbytečných dvoupásmových dvacetilitrových reproduktorových soustav o impedanci 4 Ω, které kdysi vyráběla TESLA Valašské Meziříčí, a CD přehrávače z TESLA Litovel. Jeníkož jsou doposud i po více než deseti letech zcela funkční a bylo mi je líto je vyhodit do šrotu, rozhodl jsem se, že postavím velice jednoduchý stereofonní zesilovač o výkonu tak 2x 10W s co nejnižším pořizovacími náklady. Jeho konstrukce musí být co nejjednodušší a musí být nenáročný na oživení. Hlasitost, stereofonní vyvážení, hloubky a výšky musí být řízeny stejnosměrným napětím pomocí jednoduchých lineárních potenciometrů.

Protože jsem měl ve svých „šuplíkových“ zásobách volné integrované obvody TDA1524 a TA8210AH, bylo rozhodnuto.

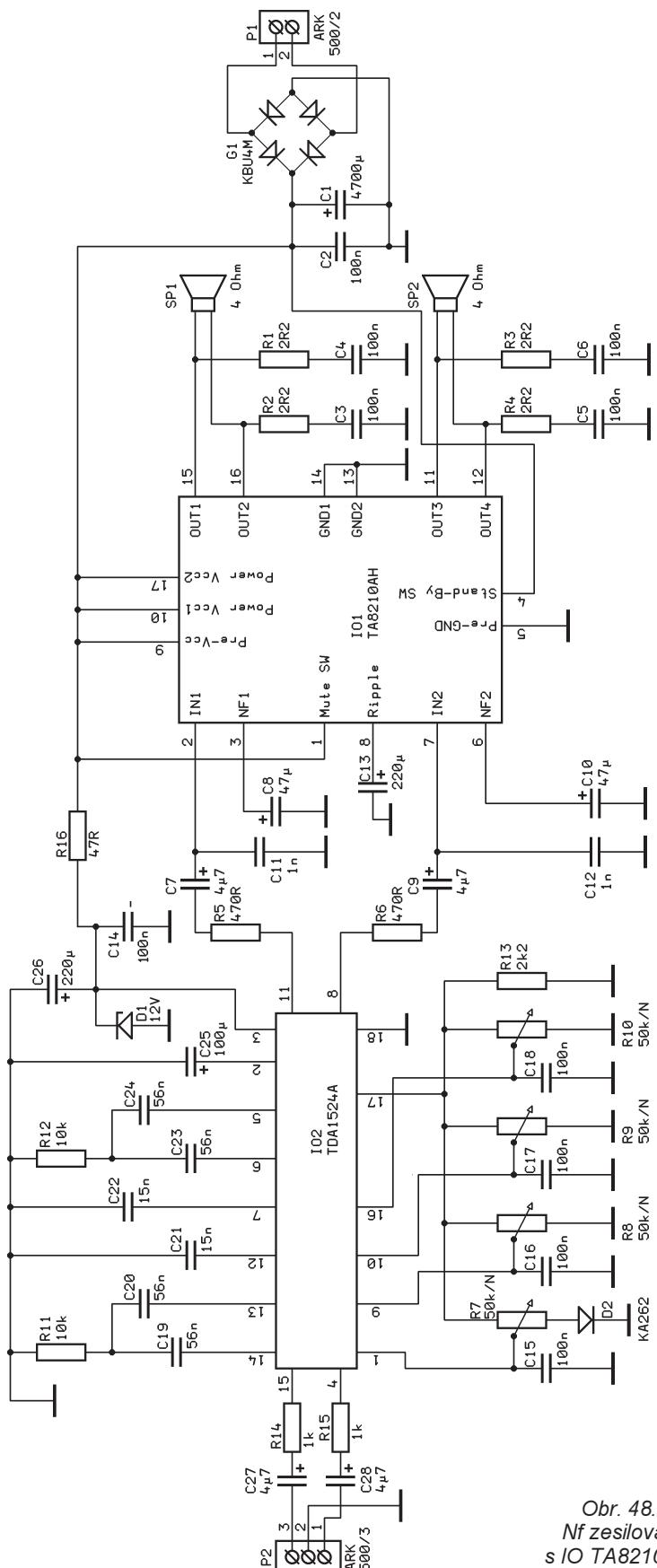
Integrovaný výkonový nízkofrekvenční zesilovač TA8210AH vyrábí firma Toshiba. Je navržen jako zesilovač pro automobil a jeho základní elektrické parametry jsou:

- Sinusový výkon 2x 22 W/4 Ω při napájecím napětí 14,4 V a harmonickém zkreslení 10 %/1 kHz,
- harmonické zkreslení signálu 0,04 %/1 kHz při výkonu 1 W, napájecím napětí 13,2 V a napěťovém zesílení 50 dB,
- odstup signál/šum 60 dB,
- vstupní odporník typicky 30 kΩ,
- rozsah napájecího napětí 9 až 18 V,
- pouzdro HZIP17 nebo HSIP17.

### Popis funkce

Schéma zesilovače s korekčním obvodem TDA1524 (IO2) a výkonovým obvodem TA8210AH (IO1) je na obr. 48. Pro zjednodušení si popíšeme levý kanál, pravý je svou funkcí naprostě identický.

Vstupní nf signál z CD přehrávače je přiváděn na vstupní svorkovnici P2 a odtud přes oddělovací kondenzátor



Obr. 48.  
Nf zesilovač  
s IO TA8210AH

C27 a rezistor R14 na vstupní vývod 15 IO2. Rezistor R14 tvoří se vstupní kapacitou obvodu IO2 dolnopropustný článek, který významně potlačuje rušivé složky v užitečném signálu.

Schéma zapojení korekčního zesilovače s IO2 je převzato z katalogového listu a od běžně používaného zapojení se liší změnou v okruhu řízení basů. Průběh hloubek lze ovlivnit svit-

kovými kondenzátory C19 a C20 a průběh výšek kondenzátorem C21. Fyziohmický průběh regulátoru hlasitosti je v této konstrukci zapojen natrvalo.

Na vývod 17 IO2 je vyvedeno napětí asi 4,5 V z vnitřního stabilizačního obvodu. Tímto napětím jsou napájeny potenciometry pro regulaci hlasitosti (R7), stereofonního vyvážení (R10), hloubek (R8) a výšek (R9). Proud do vývodů 1, 9, 10

a 16 IO2 je maximálně 5  $\mu$ A a maximální napětí na těchto vývodech může dosáhnout poloviny napájecího napětí, tj. asi 6 V.

Při plné hlasitosti má korekční obvod TDA1524 napěťový zisk 20 dB a rozsah regulace vyvážení 40 dB. Původní rozsah regulace hlasitosti 100 dB byl zmenšen na 80 dB zapojením diody D2 do série s potenciometrem R7 pro regulaci hlasitosti. Dioda D2 zvyšuje dolní mez řídicího napětí z běžce R7 na 0,7 V. Rozsah regulace hloubek a výšek je  $\pm 15$  dB. Harmonické zkreslení pro vstupní signál o velikosti do 1,4 V nepřesáhne 0,25 %.

Tento typ korekčního zesilovače oproti jiným s podobnými funkcemi (TDA4292, LM1036N apod.) trochu více šumí, ale v případě poslechu v dílně nebo garáži to není vůbec na závadu.

Aby se zmenšila rušivá napětí vytvářená nedokonalým kontaktem běžce s odporovou drahou, jsou běžce regulačních potenciometrů R7 až R10 zablokovány na zem keramickými kondenzátory C15, C16, C17 a C18.

Napájecí napětí pro IO2 je zmenšováno na doporučenou velikost 12 V stabilizátorem se Zenerovou diodou D1 a rezistorem R16. Kvůli zlepšení odstupu signálu od šumu je napájecí vývod 3 IO2 ještě zablokován kondenzátory C26 a C24.

Z výstupního vývodu 11 IO2 je zesílený a korigovaný nízkofrekvenční signál veden přes rezistor R5 a oddělovační kondenzátor C7 na vstupní vývod 2 výkonového integrovaného obvodu IO1. Vstup IO1 je zablokován keramickým kondenzátorem C11, který potlačuje nežádoucí signály v nadakustickém pásmu.

Ke zlepšení stability výkonového zesilovače za všech podmínek je podle katalogového listu připojen k vývodu 8 IO2 elektrolytický kondenzátor C8 a k výstupním vývodům 15 a 16 IO2 jsou připojeny Boucherottovy RC články, které součástkami R2, C3 a R1, C4.

Celý zesilovač je napájen asymetricky ze síťového transformátoru, jehož sekundární vinutí 10,5 V/4 A je připojeno na svorkovnici P1. Střídavé napětí z transformátoru je usměrňováno Graetzovým diodovým můstkom G1 a vyhazováno a filtrováno kondenzátory C1 a C2.

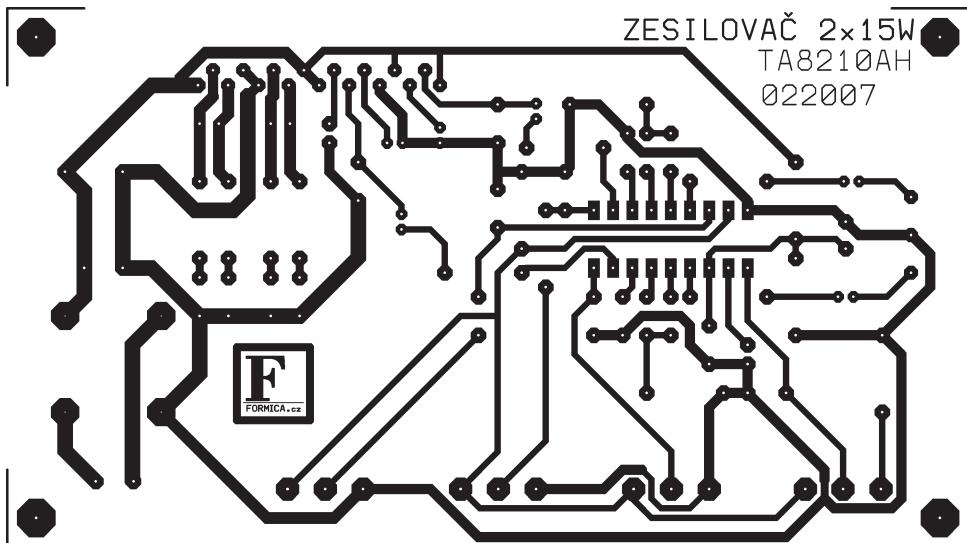
Transformátor je chráněn rychlou tavnou pojistikou F 4 A, která je zapojena mezi sekundárním vinutím a svorkovnicí P1. Tato pojistka není zakreslena ve schématu.

## Konstrukce a oživení

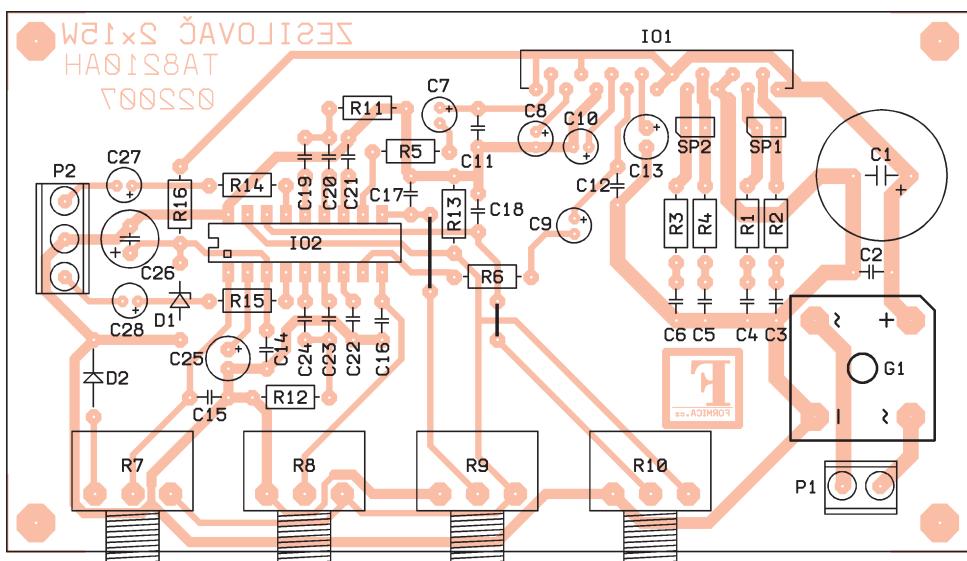
Všechny součástky zesilovače jsou připájené na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 49, rozmístění součástek na desce je na obr. 50.

Nové nebo proměněné „šuplíkové“ součástky připájíme na desku s důkladně zkontrolovanými plošnými spoji.

Výkonový IO1 je opatřen chladičem ZH601, pro jehož aplikaci platí stejně



Obr. 49.  
Obrazec  
plošných  
spojů  
z zesilovače  
s IO  
TA8210AH  
(měř.: 1 : 1)



Obr. 50.  
Rozmístění  
součástek  
na desce  
tyristorového  
nabíječe  
оловěných  
akumulátorů

zásady, jaké byly uvedeny u předchozí konstrukce.

Diodový můstek G1 nevyžaduje chladič. Lze použít i můstek se jmenovitým proudem 6 A. Místo můstku můžeme použít i přiměřeně dimenzované výkonové diody, ale na desce s plošnými spoji nebylo s takovým uspořádáním počítáno.

Konstrukce nemá žádné záludnosti a „šlape“ na první zapojení.

Poslechové zkoušky mě velice mile překvapily a tento velice jednoduchý stereofonní zesilovač, který dosahoval na kmitočtu 1 kHz sinusového výkonu 2x 15 W do zátěže 4 Ω, splnil nad očekávání mé požadavky. Téměř denně hráje v garáži již druhý rok bez jediné známky nestability nebo průchyl.

Přerušením plošného spoje lze případně vyřadit z funkce fyziologický regulátor hlasitosti, ale to příliš nedoporučuji. Při zapojeném fyziologickém regulátoru hlasitosti je zvuk plastičtější a při nízkých úrovních hlasitosti se nejeví hloubky a výšky jako „ořezané“.

#### Seznam součástek

R1, R2, R3, R4	2,2 Ω/1 %/0,5 W, metal.
-------------------	-------------------------

R5, R6	470 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R7, R8,	
R9, R10	50 kN, potenciometr li neární TP 160A/25 mm
R11, R12	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R13	2,2 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R14, R15	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R16	47 Ω/1 %/0,5 W, metal.
C1	4 700 μF/25 V, radiální
C2, C3, C4,	
C5, C6, C14,	
C15, C16,	
C17, C18	100 nF, keramický
C7, C9,	
C27, C28	4,7 μF/25 V, radiální
C8, C10	47 μF/16 V, radiální
C11, C12	1 nF, keramický
C13	220 μF/6,3 V, radiální
C19, C20,	
C23, C24	56 nF, TC351
C21, C22	15 nF, TC351
C25	100 μF/16 V, radiální
C26	220 μF/16 V, radiální
D1	BZX85V012, Zenerova dioda 12 V/1,3 W
D2	KA262 (1N4148)
G1	KBU4M
IO1	TA8210AH
IO2	TDA1524A
P1	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová

P2 ARK500/3, šroubovací svorkovnice trojpólová  
SP1, SP2 ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová

#### Korekční zesilovač pro magnetodynamickou přenosku s tranzistory

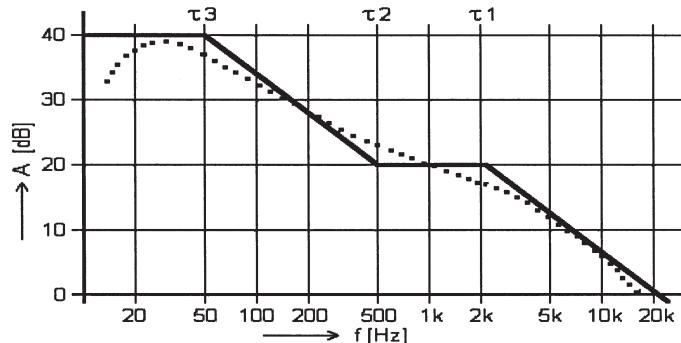
Byl jsem velice mile překvapen dotazy, ve kterých jste mě žádali o uveřejnění korekčních zesilovačů pro gramofon s magnetodynamickou přenoskou.

Již se zdálo, že konec černé vinilové desky se rychle blíží, ale opak je pravdu. V závodě na výrobu gramodesek v Loděnicích má jejich výroba stoupající trend, a desky jsou převážně určeny na export a pro domácí diskžokeje.

Proto i já na základě mnoha žádostí zařazují do tohoto čísla KE další dvě konstrukce korekčního zesilovače pro gramofon. Jedna je s tranzistory, druhá s moderními integrovanými obvody.

Na základě prohlídky několika serverů zabývajících se touto problematikou jsem vybral pro korekční zesilovač s tranzistory zapojení, které se kdysi

Obr. 51.  
Kmitočtová  
charakteristika  
RIAA  
snímacího  
zesilovače  
pro magnetodyna-  
mickou přenosku



s velkou oblibou používalo v zesilovačích Transiwatt. Je to zapojení velice jednoduché a s léty prověřenou stabilitou a spolehlivostí. Technické parametry jsou na dobré úrovni a vhodná je i použitá kombinace tranzistorů PNP a NPN. Tranzistory PNP méně šumí, a proto jsou použity jako vstupní.

Nyní několik vět o tom, proč se musí korekční zesilovače pro magnetodynamickou přenosku používat.

Výstupní napětí této gramofonové přenosky je úměrné rychlosti jejího hrotu. Cím vyšší kmitočet je hrotem sníman, tím je výstupní napětí přenosky větší. Na nízkých kmitočtech je naopak snímané napětí malé. Vyšší kmitočty je proto třeba při přehrávání gramofonové desky potlačit a nízké kmitočty zase zdůraznit. To je velmi výhodné, protože se tím zároveň zvětší odstup signálu od šumu.

Rovněž při záznamu se signál kmitočtově upravuje tak, aby při přehrávání bylo dosaženo co nejlepšího kompromisu mezi maximální vybuditelností, zkreslením a odstupem od šumu.

Proto, abychom dosáhli vyrovnané kmitočtové charakteristiky celé přenosové soustavy, je třeba signál z přenosky nejen zesítit, ale také kmitočtově korigovat dohodnutým způsobem.

Pro desky LP (33 ot/min) se nejčastěji používají korekce podle křivky RIAA, viz obr. 51. Časové konstanty křivky RIAA jsou 75 µs, 318 µs a 3180 µs s odpovídajícími kmitočty zlomu 2,122 kHz a 500 a 50 Hz.

Některí světoví výrobci gramodesek používají odlišné záznamové korekce a pro správné přehrávání takových dešek jsou zapotřebí i jiné časové konstanty korekcí ve snímacím zesilovači. Rovněž gramodesky pro 45 ot/min mají odlišné korekce.

### Popis funkce

Běžný korekční zesilovač bývá sezen ze dvou či více tranzistorů nebo se v něm jako aktivní součástka využívá operační zesilovač. Korekce jsou realizovány zpětnovazebním děličem složeným z rezistorů a kondenzátorů, který má kmitočtově závislý přenos. Velký zdvih korekce (na kmitočtu 20 Hz musí být přenos korekčního předzesilovače asi o 40 dB vyšší než na kmitočtu 20 kHz) vyžaduje dostatečný zisk zesilovače s otevřenou smyčkou zpětné vazby (alespoň 60 až 80 dB), aby i na nízkých kmitočtech mohla být zpětná

vazba dostatečně silná a dostatečně potlačovala zkreslení. Na vysokých kmitočtech je však u takového zesilovače zpětná vazba příliš silná a zesilovač má sklon k nestabilitě. To se nejčastěji projevuje zákmity při buzení impulsním nebo obdélníkovým signálem. Proto se u některých kvalitních zesilovačů používají pasivní korekce. Rozdíl v jakosti zvuku je při přímém srovnání dobře patrný.

Následující konstrukce jsou však navrženy jako zpětnovazební korektry.

A nyní již ke schématu korekčního zesilovače s tranzistory, které je na obr. 52. Tento zesilovač je optimalizován pro zřejmě nejvíce používanou gramofonovou magnetodynamickou přenosku typu VM2103, která byla v minulosti vyráběna v závodě TESLA Litovel. Pro jednoduchost si popíšeme levý kanál zesilovače. Pravý kanál je identický, pouze jeho součástky mají čísla o stovku vyšší.

Nekorigovaný stereofonní nf signál z magnetodynamické přenosky typu VM2102, VM2103, Shure apod. je přiváděn stíněnými kablíky na vstupní svorkovnici P1. Ze svorkovnice je nf signál

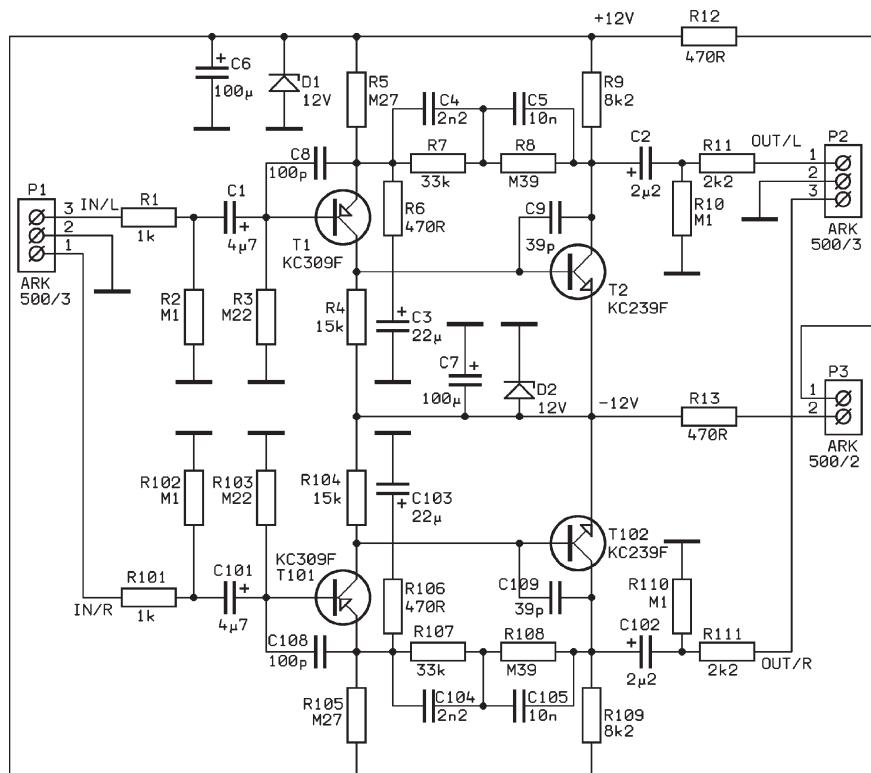
veden na bázi vstupního tranzistoru T1 přes oddělovací rezistor R1 a kondenzátor C1. Rezistor R2 zajišťuje správnou polarizaci elektrolytického kondenzátoru C1 a po vypnutí zesilovače pomáhá kondenzátor C1 vybijet.

Pracovní bod tranzistoru T1 je nastaven rezistory R3, R4 a R5. K potlačení zákmítů je zapojen mezi bázi a emitor T1 keramický kondenzátor C8. Na kolektor T1 je stejnosměrně navázán výstupní tranzistor T2. Odporem zatěžovacího rezistoru R9 je určován kolektorový proud tranzistoru T2, který je asi 3 mA. Takový proud zajišťuje dostatečnou přebuditelnost předzesilovače (asi 16 dB) a malý šum.

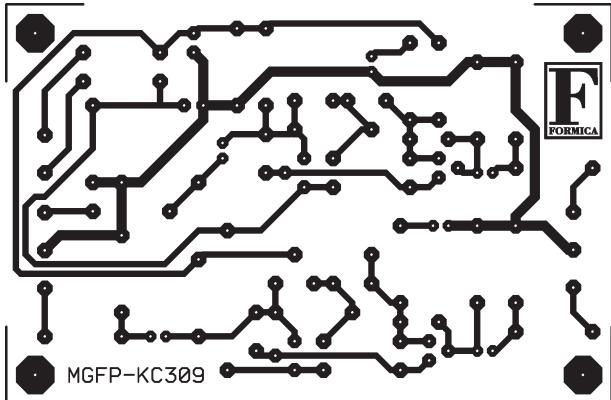
Kmitočtově závislá napěťová zpětná vazba je zavedena z kolektoru T2 do emitoru T1 děličem se součástkami R6 až R8 a C3 až C5. Časové konstanty 75 µs, 318 µs a 3180 µs jsou mírně upraveny, což přispělo ke zmenšení „praskání“, ke snížení hladiny šumu v pozadí nahrávky a k potlačení tzv. „dunivých basů“. Odporem rezistoru R6 je zesilovač nastaveno celkové napěťové zesílení 70 při kmitočtu 1 kHz. Oddělovací kondenzátor C3 zabezpečuje jednotkový přenos zpětnovazebního děliče pro ss složku signálu. Díky tomu jsou zpětnou vazbou dokonale stabilizovány pracovní body obou tranzistorů.

Zkorigovaný nízkofrekvenční signál je z kolektoru T2 veden přes oddělovací kondenzátor C2, zatěžovací rezistor R10 a oddelovací rezistor R11 na výstupní svorkovnici P2.

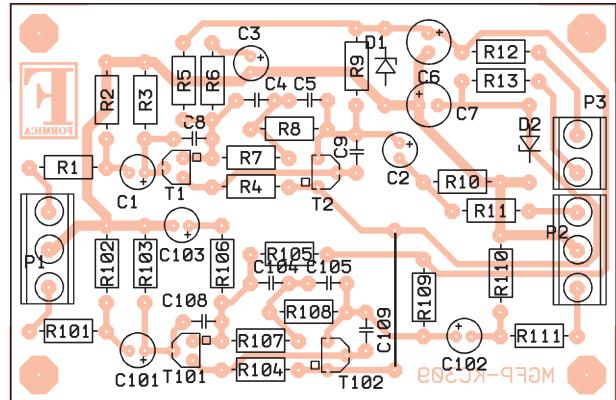
Korekční zesilovač je napájen symetricky napětím ±12 V, které je odvozováno od vnějšího symetrického ss napájecího napětí ±15 až ±25 V. Vnější



Obr. 52. Korekční zesilovač s tranzistory pro magnetodynamickou přenosku



Obr. 53. Obrazec plošných spojů korekčního zesilovače pro magnetodynamickou přenosku (měř.: 1 : 1)



Obr. 54. Rozmístění součástek na desce korekčního zesilovače pro magnetodynamickou přenosku

napájecí napětí je přiváděno na napájecí svorkovnici P3 (jeho zem je přiváděna přes svorkovnici P2) a je zmenšováno, stabilizováno a filtrováno Zenerovými diodami D1 a D2 a elektrolytickými kondenzátory C6 a C7. Pracovní proud Zenerových diod je určován odporem rezistorů R12 a R13. Můžeme použít i větší vnější napájecí napětí než  $\pm 25$  V, v takovém případě však musíme přiměřeně zvětšit odpor i výkonovou zatižitelnost rezistorů R12 a R13.

### Konstrukce a oživení

Součástky korekčního zesilovače jsou připájené na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 53, rozmístění součástek na desce je na obr. 54.

Před pájením součástek jako obvykle pečlivě zkонтrolujeme plošné spoje.

Použijeme nové nebo změřené „šuplíkové“ součástky. Svitkové kondenzátory C4, C5, C104 a C105 mají mít toleranci 5 %, předepsané typy z výroby TESLA jsou ještě dostupné v některých odborných obchodech.

Doporučuji použít předepsané typy tranzistorů, které jsou již ve výrobě vybírány na co nejnižší úroveň bílého šumu. Samozřejmě lze použít i přímé zahraniční ekvivalenty, ale jak jsem na začátku tohoto čísla KE napsal, jsou pro tyto konstrukce použity tzv. „šuplíkové“ zásobky.

Konstrukce opět nemá žádné základnosti a při pečlivé montáži a pájení funguje bez obtíží na první zapojení.

Realizovaný vzorek korekčního zesilovače byl důkladně otestován a proměřen. Zesilovač má následující parametry:

- Napájecí proud v každé větvi je 6 až 10 mA,
- přeslech mezi kanály v kmitočtovém pásmu 200 Hz až 8 kHz je menší než -40 dB,
- vstupní jmenovité napětí z přenosky je 5 mV, při tomto napětí je odstup signál/šum větší než 64 dB,
- přebuditelnost je 16 dB,
- harmonické zkreslení je 0,1 %,
- vstupní odpor je 47 k $\Omega$ .

### Seznam součástek

R1, R101	1 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R2, R10,	
R102, R110	100 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R3, R103	220 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R4, R104	15 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R5, R105	270 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R6, R12,	
R13, R106	470 $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R7, R107	33 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R8, R108	390 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R9, R109	8,2 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
R11, R111	2,2 k $\Omega$ /1 %/0,5 W, metal.
C1, C101	4,7 $\mu$ F/ 16 V, radiální
C2, C102	2,2 $\mu$ F/50 V, radiální
C3, C103	22 $\mu$ F/16 V, radiální
C4, C104	2,2 nF, TC351
C5, C105	10 nF, TC351
C6, C7	100 $\mu$ F/16 V, radiální
C8, C108	100 pF, keramický
C9, C109	39 pF, keramický
D1, D2	BZX85V012, Zenerova dioda 12 V/1,5 W
T1, T101	KC309F
T2, T102	KC239F
P1, P2	ARK500/3, šroubovací svorkovnice trojpólová
P3	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová

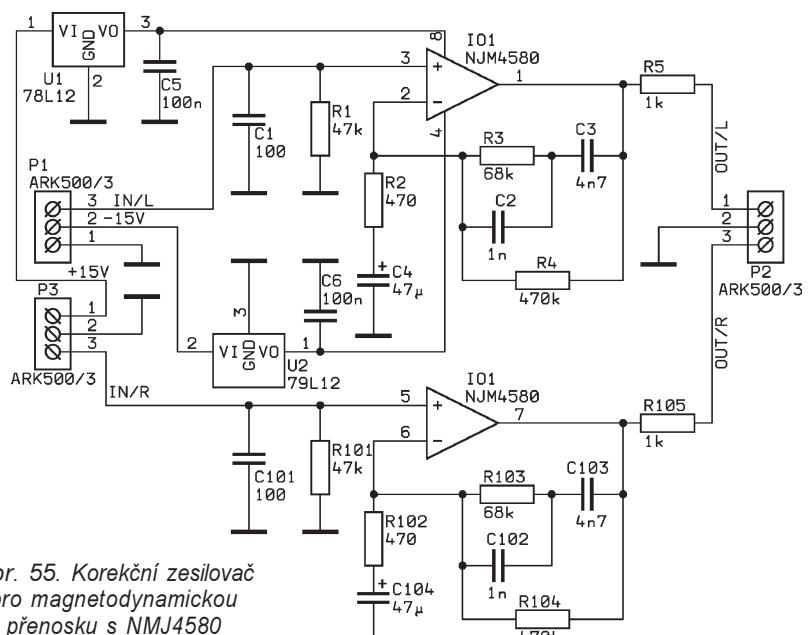
### Korekční zesilovač pro magnetodynamickou přenosku s NJM4580

Jak jsem slíbil v úvodní části předchozí kapitoly, předkládám čtenářům a konstruktérům k vyzkoušení ještě druhý korekční zesilovač pro magnetodynamickou přenosku, který obsahuje dvojitý operační zesilovač (OZ) typu NJM4580. Tento OZ speciálně vyvinutý pro nf aplikace je vyráběn společností JRC v několika různých pouzdrech. My si jej představíme v pouzdru DIP8 s označením NJM4580D a v pouzdru SIP8 s označením NJM4580L.

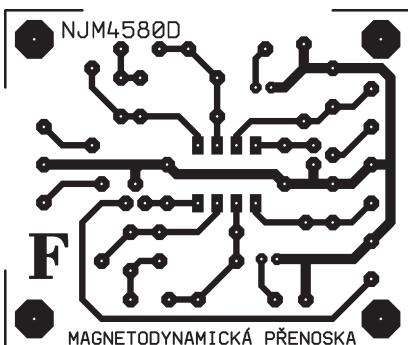
Tento OZ se vyznačuje výbornými elektrickými vlastnostmi, z nichž vybírám ty nejdůležitější: napájení v rozsahu  $\pm 2$  až  $\pm 18$  V, šířka kmitočtového pásma 15 MHz, intermodulační zkreslení 0,005 %, rychlosť přeběhu 5 V/ $\mu$ s, odstup signál/rušivé napětí 110 dB.

### Popis funkce

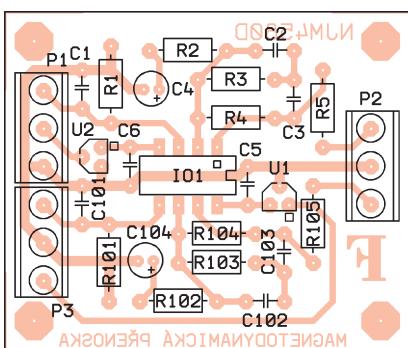
Schéma tohoto velice jednoduchého a přitom kvalitního korekčního zesilovače je na obr. 55. Pro jednoduchost



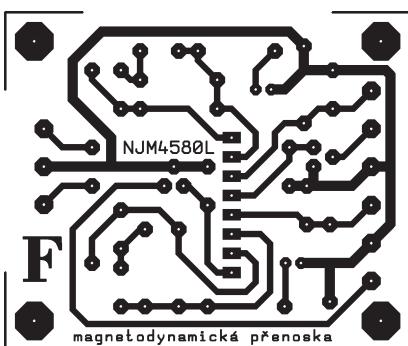
Obr. 55. Korekční zesilovač pro magnetodynamickou přenosku s NMJ4580



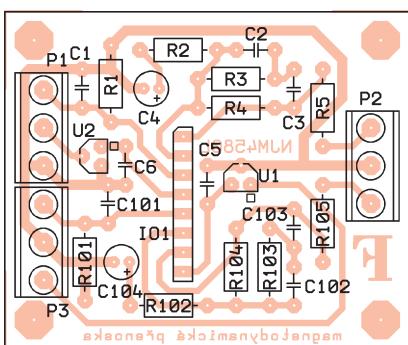
Obr. 56. Obrazec plošných spojů korekčního zesilovače pro magnetodynamickou přenosku s NMJ4580D v pouzdro DIP8 (měř.: 1 : 1)



Obr. 57. Rozmístění součástek na desce korekčního zesilovače pro magnetodynamickou přenosku s NMJ4580D v pouzdro DIP8



Obr. 58. Obrazec plošných spojů korekčního zesilovače pro magnetodynamickou přenosku s NMJ4580L v pouzdro SIP8 (měř.: 1 : 1)



Obr. 59. Rozmístění součástek na desce korekčního zesilovače pro magnetodynamickou přenosku s NMJ4580L v pouzdro SIP8

si i tady popíšeme jen levý kanál korekčního zesilovače. Pravý kanál je identický, pouze součástky mají čísla o stovku vyšší.

Nekorigovaný nf signál z magnetodynamické přenosky je přiváděn na vstupní svorkovnici P1 a odtud na neinvertující vstup OZ (1 IO1). Rušivé vf složky indukované do nf signálu jsou potlačovány keramickým blokovacím kondenzátorem C1. Rezistor R1 zavádí na neinvertující vstup OZ IO1 předpřetí rovné potenciálu země a tím nastavuje pracovní bod OZ. Odpor rezistoru R1 je také určován požadovaný vstupní odpor 47 kΩ zesilovače.

Kmitočtově závislá zpětná vazba je zaváděna výstupu OZ (1 IO1) na invertující vstup OZ (2 IO1) dělicem složeným ze součástek R2 až R4 a C2 až C4. Časové konstanty 75 µs, 318 µs a 3180 µs jsou mírně upraveny, což i v tomto případě přispělo ke zmenšení „praskání“, ke snížení hladiny šumu v nahrávce a k potlačení „dunivých basů“. Odpor rezistoru R2 má zesilovač nastaveno napěťové zesílení 100 na kmitočtu 1 kHz. Díky oddělovacímu kondenzátoru C4 má zpětnovazební dělič pro ss složku signálu jednotkový přenos, takže vstupní napěťová nesymetrie OZ příliš neovlivňuje ss složku signálu na výstupu OZ.

Zkorigovaný a zesílený nízkofrekvenční signál je veden z výstupu OZ na výstupní svorkovnici P2. Do cesty výstupního signálu je zařazen rezistor R5, který zabraňuje rozkmitání OZ při kapacitní zátěži.

Korekční zesilovač je napájen vnějším symetrickým ss napětím  $\pm 15$  až  $\pm 25$  V, které je přiváděno na vstupní svorkovnice P1 a P3. Pro napájení OZ IO1 je vnější napájecí napětí zmenšováno na  $\pm 12$  V dvěma třísvorkovými stabilizátory 78L12 (U1) a 79L12 (U2). Aby se zabránilo rozkmitání stabilizátorů nebo OZ, jsou obě napájecí sběrnice zablokovány keramickými kondenzátory C5 a C6.

### Konstrukce a oživení

Součástky korekčního zesilovače jsou připájené na desce s jednostrannými plošnými spoji. Byly navrženy dvě varianty desky – první s obvodem NMJ4580D v pouzdro DIP8 (obr. 56, obr. 57) a druhá s obvodem NMJ4580L v pouzdro SIP8 (obr. 58, obr. 59). Obě varianty mají zcela shodné elektrické parametry, liší se jen odlišným obrazcem plošných spojů a jiným rozmístěním součástek.

Obvody NMJ4580 v pouzdrech obou typů jsou běžně k dostání např. u společnosti GES-ELECTRONICS. Zjistil jsem to zcela náhodou, když jsem dvěma kolegům stavěl tento korekční předzesilovač, a obvod NMJ4580D v pouzdro DIP8 byl právě vyprodán. Nechtělo se mi čekat na další dodávku, a na doporučení ochotného a známého prodavače jsem zakoupil obvod NMJ4580L v pouzdro SIP8.

Pájíme přezkoušené součástky na zkrolovanou desku s plošnými spoji. Kondenzátory C2, C3, C102 a C103 jsou fóliové a mají mít toleranci 5 %.

Při pečlivé montáži a pájení funguje korekční zesilovač bez obtíží na první zapojení.

U zhotoveného vzorku byly naměřeny následující parametry:

- Napájecí proud v každé větví je 4 až 5 mA,
- přeslech mezi kanály v kmitočtovém pásmu 100 Hz až 10 kHz je menší než -60 dB,
- vstupní jmenovité napětí z přenosky je 5 mV, při tomto napětí je odstup signál/šum větší než 75 dB,
- přebuditelnost je 16 dB,
- harmonické zkreslení je 0,05 %,
- vstupní odpor je 47 kΩ.

### Seznam součástek

varianta s IO NMJ4580D (DIP8)

R1, R101	47 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2, R102	470 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R3, R103	68 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4, R104	470 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5, R105	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1, C101	100 pF, keramický
C2, C102	1 nF, fóliový TC352
C3, C103	4,7 nF, fóliový TC352
C4, C104	47 µF/10 V, radiální
C5, C6	100 nF, keramický
IO1	NJM4580D (DIP8)
U1	78L12
U2	79L12
P1, P2, P3	ARK500/3, šroubovací svorkovnice trojpólová

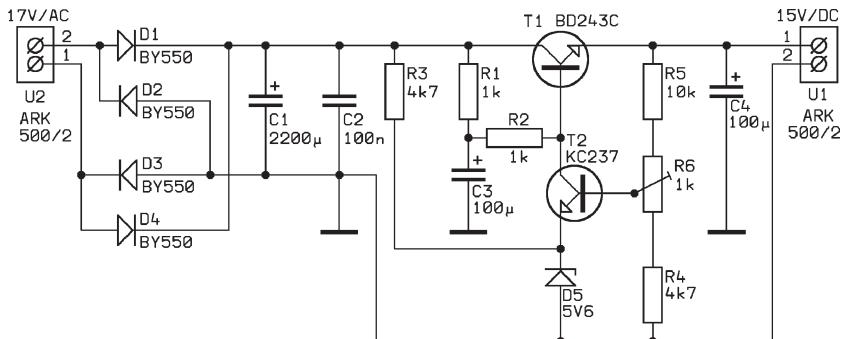
varianta s IO NMJ4580L (SIP8)

R1, R101	47 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2, R102	470 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R3, R103	68 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R4, R104	470 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5, R105	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1, C101	100 pF, keramický
C2, C102	1 nF, fóliový TC352
C3, C103	4,7 nF, fóliový TC352
C4, C104	47 µF/10 V, radiální
C5, C6	100 nF, keramický
IO1	NJM4580L (SIP8)
U1	78L12
U2	79L12
P1, P2, P3	ARK500/3, šroubovací svorkovnice trojpólová

### Napájecí zdroj stejnosměrného napětí 1

Na závěr statí pojednávající o nízkofrekvenční technice si představíme tři konstrukce napájecích zdrojů. Zdroje, a zejména ty velmi jednoduché a k tomu ještě stabilizované, jsou neustále žádané a u čtenářů velmi vděčné téma. To dokazují i vaše dotazy a žádosti o zveřejnění takovýchto konstrukcí.

Stabilizované zdroje nalezneme v téměř každém elektronickém zařízení.



Obr. 60. Napájecí zdroj stejnosměrného napětí 1

ní. Jen málokdo si dnes dovede představit jakýkoli elektronický přístroj obsahující integrované obvody (a to bez ohledu na to, zda logické či analogové) bez použití stabilizovaného napájení.

Nastavitelnost napětí stabilizovaného zdroje pak umožňuje přizpůsobit se potřebám každého vyvýšeného zařízení.

V této a následujících kapitolách jsou popsány tři různé zdroje. První z nich pracuje standardně se Zenerovou diodou, druhý, která nepoužívá ke stabilizaci napětí Zenerovou diodu, má velmi malou vlastní spotřebu, malé rušivé složky výstupního napětí a po lehké úpravě široký rozsah regulace výstupního napětí, třetí zdroj obsahuje již téměř zapomenutý obvod LM723. Výstupní proud všech těchto zdrojů je maximálně 2 A.

### Popis funkce

Zapojení stejnosměrného stabilizovaného zdroje 1 se Zenerovou diodou

je na obr. 60. Střídavé napětí 17 V/2 A je ze sekundárního vinutí síťového transformátoru přiváděno na vstupní svorkovnici U2. Toto střídavé napětí je usměrňováno Graetzovým můstkom z výkonových diod D1 až D4 a vyhlazováno a kondenzátory C1 a C2. Vyhlazené nestabilizované napětí z C1 je vedené na výstupní svorkovnici U1 přes výkonový regulační tranzistor T1.

T1 je otevíráno proudem tekoucím přes rezistory R1 a R2. Proud báze T1 je řízen tranzistorem T2. Na emitor T2 je přiváděno referenční napětí asi 5,6 V ze Zenerovy diody D5 (lze použít i diodu se Zenerovým napětím 5,1 V). Pracovní proud Zenerovy diody je nastaven rezistorem R3. Na bázi T2 je přiváděno zpětnovazební napětí z výstupu zdroje zeslabené děličem se součástkami R4 až R6. Tranzistor T2 pracuje jako komparátor a pomocí regulačního tranzistoru T1 udržuje na výstupu zdroje takové napětí, aby napětí

na bázi T2 bylo asi o 0,6 V vyšší než je napětí na emitoru T2. Když např. při větším zatížení zdroje napětí na výstupu zdroje (na svorkovnici U1) poklesne, zmenší se i napětí na bázi T2 a T2 se přivře. Do báze T1 pak z rezistoru R1 a R2 přitéká větší proud, T1 se pootevře a tím se napětí na výstupu zdroje zvětší na téměř původní velikost. Podobně funguje regulační obvod i při odlehčení zdroje, kdy při zvýšení výstupního napětí se T2 pootevře a T1 přivře, čímž se výstupní napětí zase zmenší.

Jak vyplývá z předchozího výkladu, je výstupní napětí zdroje přibližně určeno (při zanedbání napětí asi 0,6 V mezi bází a emitorem T2) jako podíl referenčního napětí z D5 a dělicího poměru děliče R4 až R6. Přesná velikost výstupního napětí zdroje se nastavuje trimrem R6.

Filtracní kondenzátor C3 zmeuje zbytkový brum na výstupu zdroje, blokovací kondenzátor C4 zmenší výstupní odpor zdroje na vyšších kmitočtech.

Zdroj nemá zvláštní obvod proudové pojistky, která by omezovala maximální velikost výstupního proudu. I bez této pojistky však zdroj „přežije“ krátkodobý zkrat na výstupu, protože výstupní proud může mít velikost jen několika ampér. Je to dáno tím, že tranzistor T1 má konečný proudový zesilovací činitel (maximálně několik set) a proud báze T1 je maximálně asi 15 mA. Při zkratu je však T1 výkonově přetížen a může se poškodit přehřátím.

### Konstrukce a oživení

Součástky zdroje jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji (obr. 61 a obr. 62).

Proměněné součástky osazujeme od nejmenších po největší na pečlivě zkontrolovanou desku.

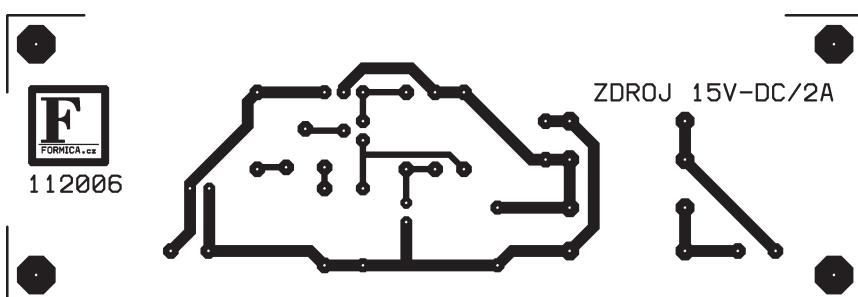
Tranzistor T1 je opatřen chladičem ZH610 nebo podobným. Styčné plochy potřeme tepelně vodivou pastou. Chladič je upevněn k desce samočasnými šroubkami 3,5 x 10 mm s pružnými podložkami. Nejprve mechanicky upevníme chladič a T1, pak teprve T1 připájíme. Chceme-li chladič spojit se skřínkou zdroje, musíme T1 izolovat slídovou podložkou.

Desku zdroje a síťový transformátor vestavíme do vhodné plastové skřínky.

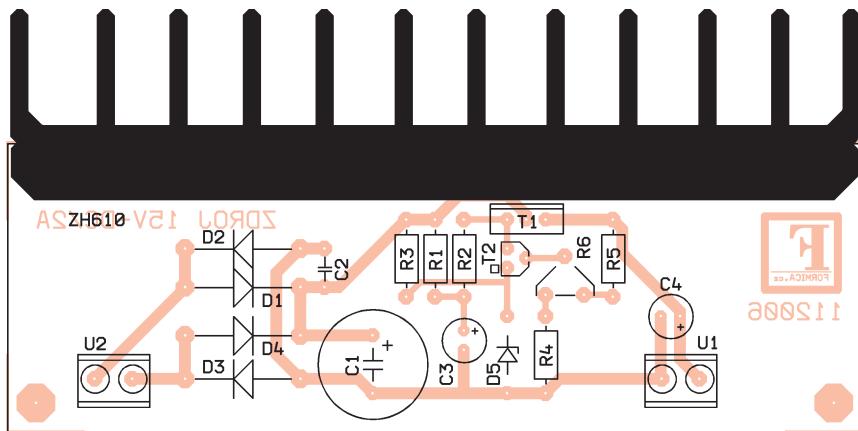
Do přívodu sítě k transformátoru zapojíme dvoupólový síťový vypínač. Do spoje mezi transformátorem a svorkovnicí U2 vložíme rychlou tavnou pojistku F 2 A (5 x 20 mm). K optické signalizaci výstupního napětí můžeme připojit na výstupní svorky panelový ručkový voltmetr (MP40) s rozsahem 20 V. Všechny tyto součástky nejsou pro jednoduchost ve schématu nakresleny.

### Seznam součástek

R1, R2	1 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3, R4	4,7 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5	10 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R6	1 kΩ, trimr PT6V

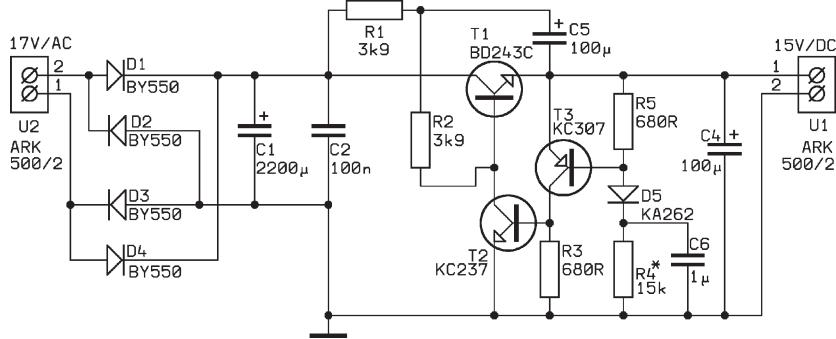


Obr. 61. Obrazec plošných spojů napájecího zdroje stejnosměrného napětí 1 (měř.: 1 : 1)



Obr. 62. Rozmístění součástek na desce napájecího zdroje stejnosměrného napětí 1

C1	2 200 $\mu$ F/25 V, radiální
C2	100 nF, keramický
C3, C4	100 $\mu$ F/25 V, radiální
D1 až D4	BY550 (1N5403)
D5	BZX83V005.6, Zenerova dioda 5,6 V/0,5 W
T1	BD243C (BD301)
T2	KC237 (KC237, KC238)
U1, U2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová



Obr. 63. Napájecí zdroj stejnosměrného napětí 2

Činnost regulační smyčky si lze názorně vysvětlit takto: když při větším zatížení poklesne výstupní napětí zdroje, zmenší se napětí na R5 a přivřou se T3 i T2. Díky tomu teče do báze T1 větší proud, T1 se pootevře a napětí na výstupu se zvětší téměř na původní velikost. Podobně, když se při zmenšení zatížovacího proudu zvětší výstupní napětí, pootevřou se T3 a T2, přivře se T1 a výstupní napětí poklesne téměř na původní velikost.

Zapojení zdroje obsahuje ještě několik dalších součástek, o kterých zatím nebyla zmínka. Dioda D5 chrání tranzistory proti zničení při náhodném zkratu na výstupních svorkách. Kondenzátory C5 a C6 potlačují šum a brum ve výstupním napětí. Podle původního pramene je činitel filtrace tohoto zdroje větší než 90 dB a maximální rušivé napětí na výstupu je menší než 50  $\mu$ V. C4 zmenšuje výstupní impedanci zdroje na vyšších kmitočtech.

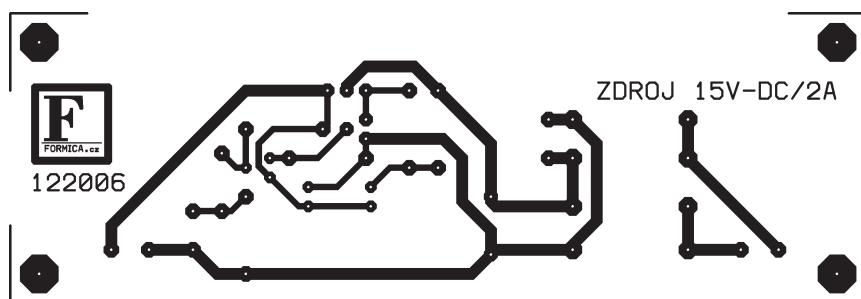
Stejně jako předchozí zdroj 1 nemá ani tento zdroj zvláštní obvod pro omezení výstupního proudu. Výstupní proud je však omezen velikostí proudu báze tranzistoru T1 a jeho proudovým zesilovacím činitelem a také vnitřním odporem síťového transformátoru. Proto krátkodobým zkratem na výstupu není zdroj ohrožen.

### Konstrukce a oživení

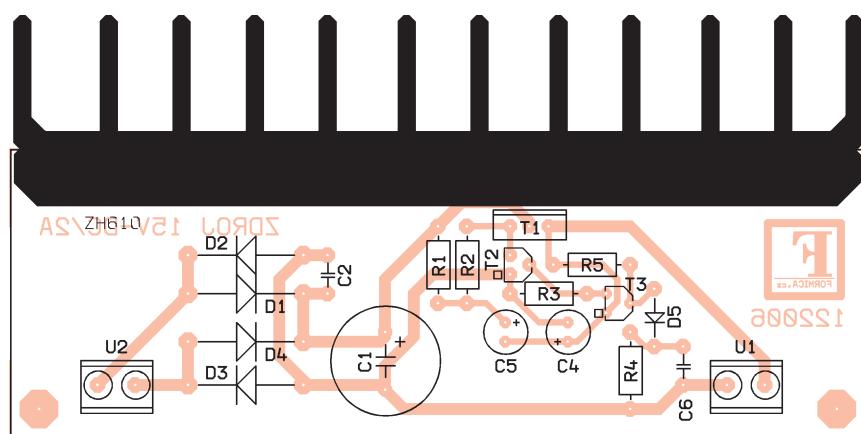
Všechny součástky zdroje jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 64, rozmístění součástek na desce je na obr. 65.

Součástky, pokud nepoužijeme nové, změříme a osazujeme je na desku, kterou jsme proti světu důkladně zkontovali. Na desce je jedna drátová propojka, bez níž by zdroj nefungoval.

Tranzistor T1 je připevněn na chladič ZH610 nebo podobný. Pro zlepšení



Obr. 64. Obrazec plošných spojů napájecího zdroje stejnosměrného napětí 2  
(měr.: 1 : 1)



Obr. 65. Rozmístění součástek na desce napájecího zdroje stejnosměrného napětí 2

přestupu tepla je nutné styčné plochy T1 a chladiče potřít silikonovou vazelinou nebo jinou tepelně vodivou pastou. Chladič je upevněn k desce dvěma samořeznými šroubkami. Chceme-li chladič uzemnit (např. při montáži na kovovou skříňku), musíme T1 izolovat slídovou podložkou, protože chladící ploška tohoto tranzistoru je spojena s jeho kolektorem.

Desku zdroje spolu se síťovým transformátorem vestavíme do plastové skřínky. Do skřínky umístíme i další součástky, které pro jednoduchost nejsou nakresleny ve schématu. Jsou to dvoupólový síťový vypínač, rychlá tavná pojistka F 2 A zapojená mezi sekundární vinutí transformátoru a svorkovnici U2 a popř. panelový ručkový voltmetr (např. MP40) s rozsahem do 30 V pro indikaci výstupního napětí.

Jak jsem již dříve uvedl, lze zdroj velice jednoduše upravit tak, aby bylo možné jeho výstupní napětí regulovat od 5 do 18 V (přibližně). Úprava spočívá v tom, že rezistor R4 nahradíme lineárním potenciometrem o odporu 25 kΩ.

Pokud bychom požadovali vyšší výstupní napětí než 18 V, museli bychom zvětšit přiváděné střídavé napětí (maximálně na 33 V) a přiměřeně zvětšit provozní napětí všech kondenzátorů (např. na 50 V). Pro většinu aplikací však navržené výstupní napětí bohatě postačuje a není nutné ho upravovat.

Transformátor nesmí být předimensionovaný - jeho sekundární vinutí by mělo mít jmenovitou zatižitelnost právě 2 A, aby vnitřní odpor transformátoru přispíval k ochraně regulačního tranzistoru T1 při zkratu na výstupu. Snižit tepelné namáhání tranzistoru T1 můžeme i tak, že do jeho kolektoru zapojíme rezistor, který zmenší spád napětí mezi kolektorem a emitorem T1.

### Seznam součástek

R1, R2	3,9 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3, R5	680 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R4	15 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
C1	2 200 μF/25 V, radiální
C2	100 nF, keramický
C4, C5	100 μF/25 V, radiální
C6	1 μF, TC350
D1 až D4	BY550 (1N5403)
D5	KA262 (1N4148)
T1	BD243C (BD301)
T2	KC237 (KC237, KC238)
T3	KC307 (KC307, KC308)
U1, U2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová

## Napájecí zdroj stejnosměrného napětí 3

Jako poslední konstrukci z řady zdrojů si představíme jednoduchý stabilizovaný zdroj 2 až 24 V výstupní proud až 2,0 A. Celá konstrukce je založena na osvědčeném a již mnoha let vyráběném obvodu řady LM723. Jedná

se o monolitický stabilizátor, mezi jehož přednosti patří možnost nastavovat výstupní napětí i proud, velmi dobrá stabilita parametrů a malá vlastní spotřeba.

V současnosti je obvod dostupný v pouzdru DIL14, dříve jej TESLA vyráběla v kovovém pouzdru s deseti vývody. Obě provedení se od sebe liší jen tím, že obvod v pouzdru DIL14 je univerzálnější, protože obsahuje i samostatný výstup referenčního napětí ze Zenerovy diody.

V této konstrukci je použit obvod LM723 v pouzdru DIL14. Referenční napětí  $7,15 \pm 0,2$  V je vyvedeno na samostatný vývod číslo 6, takže je možné je využít nejrůznějšími způsoby. Dále obvod obsahuje zesilovač chybového napětí a regulační tranzistor. Stabilita regulovaného výstupního napětí je lepší než 150 ppm/K v teplotním rozsahu od 0 do 70 °C.

### Popis funkce

Schéma napájecího zdroje 3 je na obr. 66. Základem regulátoru, kterým je stabilizováno ss napětí z kondenzátoru C1, je obvod LM723 (IO1).

Střídavé napětí 24 V/2 A ze sekundárního vinutí síťového transformátoru je přiváděno na vstupní svorkovnici U1. Pak je usměrňováno můstkem z diod D1 až D4 a vyhazováno kondenzátory C1 a C2. Velikost střídavého napájecího napětí 24 V by neměla být překračována, protože obvod LM723 má nejvyšší povolené napájecí napětí jen 40 V.

Z referenčního napětí na výstupu 6 IO1 je odporovým děličem R1, R2 získaňováno napětí 2 V, které je po vyfiltraci kondenzátorem C3 přiváděno na neinvertující vstup 5 IO1 zesilovače chybového napětí.

Na invertující vstup 4 IO1 zesilovače chybového napětí se přivádí zpětnovazební napětí z výstupu zdroje zeslabované děličem R7, R3.

K výstupu zesilovače chybového napětí je připojen vnitřní regulační tranzistor a vnější regulační tranzistor T1, přes které prochází napětí z vyhazovacího kondenzátoru C1 na výstup (na svorkovnici U2) zdroje. Regulační tranzistory jsou řízeny tak, aby trvale udržovaly shodnou velikost napětí na

invertujícím i neinvertujícím vstupu zesilovače chybového napětí. Je-li potenciometr R7 nastaven tak, že je jeho odporník nulový, je na invertující vstup přiváděno přímo výstupní napětí, a to tedy musí být v ustáleném stavu právě 2 V. Při maximálním odporu potenciometru R7 pak výstupní napětí vzroste až na asi 27 V, aby na výstupu děliče R7, R3 bylo opět požadované napětí 2 V.

Výstupní napětí zdroje je nutné indikovat voltmetrem (např. typu MP40) s rozsahem do 30 V.

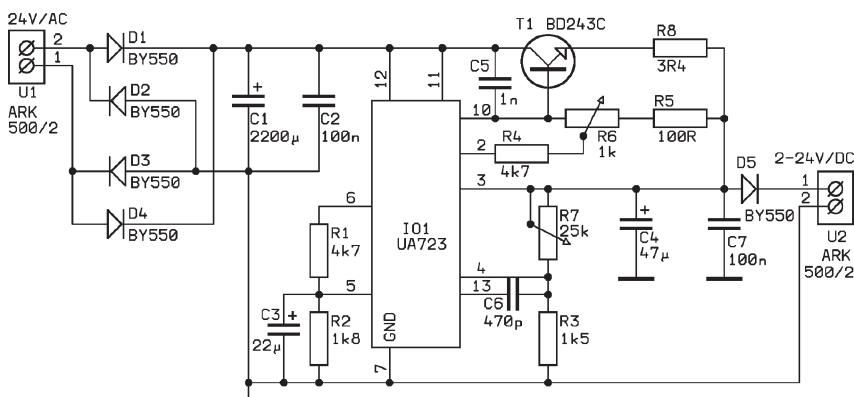
Vnější regulační tranzistor T1 je použit proto, že vnitřní regulační tranzistor není schopen dodávat požadovaný proud 2 A (může dodávat proud maximálně 150 mA). Kondenzátory C5 a C6 upravují kmitočtovou charakteristiku regulačního a zabraňují jeho rozmítání. Kondenzátory C4 a C7 zmenšují výstupní impedanci regulačního a zabraňují jeho rozmítání. Kondenzátory C4 a C7 zmenšují výstupní impedanci regulačního a zabraňují jeho rozmítání.

Na rozdíl od předcházejících dvou zdrojů je zdroj 3 vybaven proudovou pojistikou, která omezuje výstupní proud na zvolenou maximální velikost. Jako čidlo výstupního proudu slouží rezistor R8 zapojený mezi emitorem T1 a výstupní svorkovnici U2. Úbytek napětí z R8 zvětšený o napětí  $U_{BE}$  tranzistoru T1 je přes delič R5, R6 přiváděn mezi bázi a emitor vnitřního řídícího tranzistoru (vývody 2 a 3 IO1). Když je výstupní proud natolik velký, že mezi vývody 2 a 3 IO1 se vytvoří napětí 0,65 V, začne vnitřní řídící tranzistor uzavírat regulační tranzistory a výstupní proud se už nemůže dále zvětšovat. Velikost maximálního výstupního proudu se nastavuje potenciometrem R6. V levé poloze běžce je to asi 20 mA, v pravé poloze asi 2 A. Kvůli dosažení optimálního odporu a zatižitelnosti je R8 složen ze dvou paralelně zapojených rezistorů 6,8 Ω/1 W.

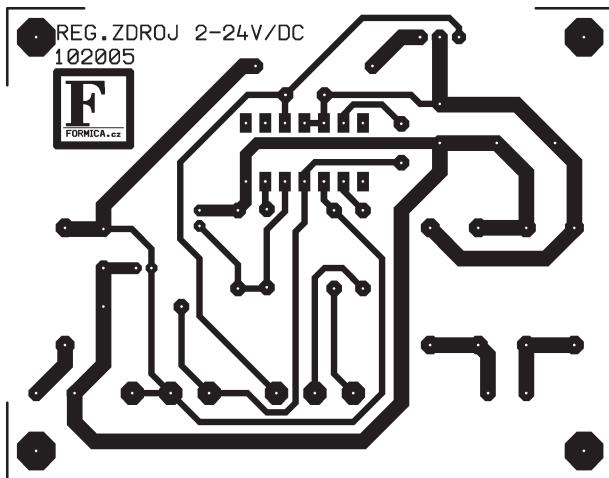
Dioda D5 chrání regulační tranzistor před vyšším vnějším napětím po vypnutí zdroje (např. ze spotřebičů s velkou vstupní kapacitou).

### Konstrukce a oživení

Součástky zdroje jsou připájené na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 67, rozmístění součástek na desce je na obr. 68.



Obr. 66. Napájecí zdroj stejnosměrného napětí 3



Obr. 67. Obrazec plošných spojů napájecího zdroje stejnosměrného napětí 3 (měř.: 1 : 1)

Jak se zde neustále opakuje, pájíme nové nebo proměněné „šuplíkové“ součástky na desku, na níž jsme proti světlu pečlivě zkontovali plošné spoje a odstranili případné zkraty a přerušení.

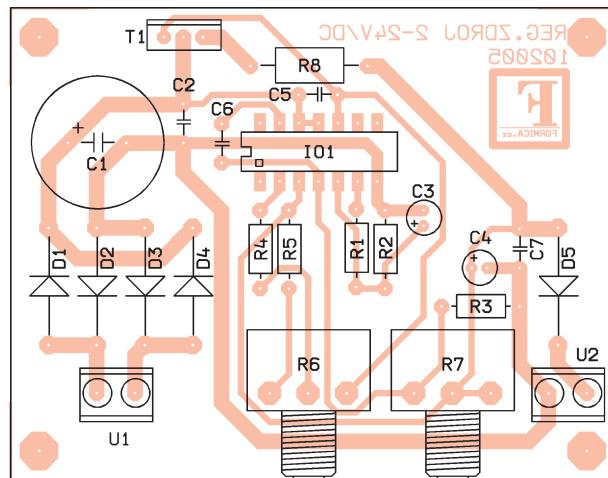
Tranzistor T1 musíme opatřit chladičem ZH610 nebo podobným. Chceme-li chladič uzemnit, musíme T1 izolovat slídovou podložkou. Styčné plochy T1 a chladiče potřeme tepelně vodivou pastou.

Musíme mít na paměti, že vzhledem k relativně velkému vstupnímu střídavému napětí může být při minimálním nastaveném výstupním napětí (2 V) a maximálním odebíraném proudu (2 A) výkonová ztráta tranzistoru T1 přes 50 W. Toto teplo musí být ze skřínky dokonale odvedeno, aby se T1 nepoškodil. Při častějším provozu zdroje v režimu malého výstupního napětí a velkého proudu doplníme chladič ofukovací jednotkou, která je popsána v tomto čísle KE na str. 18 nebo 19.

Desku zdroje spolu se síťovým transformátorem a dalšími součástkami, jako jsou dvoupólový síťový vypínač, rychlá tavná pojistka F 2 A zapojená mezi sekundární vinutí transformátoru a svorkovnice U2 a panelový ručkový voltmetr (např. MP40) s rozsahem do 30 V pro indikaci výstupního napětí, vestavíme do plastové skřínky. Ovládací potenciometry R6 a R7 nemusí být umístěny na desce, po upevnění na vhodná místa je s deskou propojíme vodiči.

### Seznam součástek

R1, R4	4,7 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R2	1,8 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R3	1,5 kΩ/1 %/0,5 W, metal.
R5	100 Ω/1 %/0,5 W, metal.
R6	1 kΩ/N, potenciometr lineární TP160/25b
R7	25 kΩ/N, potenciometr lineární TP160/25b
R8	2x 6,8Ω/1 W, paralelně
C1	2 200 µF/50 V, radiální
C2, C7	100 nF, keramický
C3	22 µF/25 V, radiální
C4	47 µF/25 V, radiální
C5	1 nF, keramický
C6	470 pF, keramický



Obr. 68. Rozmístění součástek na desce napájecího zdroje stejnosměrného napětí 3

D1 až D5	BY550 (1N5403)
T1	BD243C (BD301)
IO1	UA723 (LM723), pouzdro DIP
U1, U2	ARK500/2, šroubovací svorkovnice dvoupólová

po dohodě s redakcí opět jako číslo 6 v roce 2008. V tomto čísle budou uveřejněny konstrukce dalších regulovaných zdrojů, konstrukce z oblasti měřicí techniky a konstrukce pro volné chvíle na chalupě a zahradě. Již nyní vás mohu ubezpečit, že se ve všech věkových kategoriích rozhodně máte na co těsit.

Ještě jednou vám všem za pochopení, trpělivost a ochotu spolupracovat, kterou jste projevili zasláním svých námětů, rad a připomínek ke zpracování předcházejícího dílu, děkuje autor.

Autor též všem přeje hezké prožití Vánoc a mnoho zdraví do roku 2008.

Písemné dotazy zodpovím, pokud bude v dopisu přiložena obálka se známkou a nadepsanou adresou tazatele pro odeslání odpovědi. Moje poštovní adresa je: Ing. Zdeněk Zátopek, Dubíček 108/4, 725 28 Ostrava 28.

Je možný i kontakt e-mailem na adresu: [zzatopek@centrum.cz](mailto:zzatopek@centrum.cz)

## Závěr

Konstrukce v tomto čísle KE, které navazuji na třetí díl **Užitečných zapojení z dlouholeté praxe III** uvedený v KE 6/2006, jsou sestaveny tak, aby i mládež pronikající do základů a tajů elektroniky se mohla fundovaně zasvětit do této problematiky.

Samozřejmě, že lze vždy některé konstrukce určitými změnami v zapojení upravit a vylepšit, ale účelem bylo předložit zde bez rozsáhlé teorie a složitých výpočtů konstrukce, které zvládnou i trochu odrostlejší děti a méně zkušení a zruční radioamatéři. Rovněž i ti starší a zkušenější najdou v tomto čísle KE další zajímavé konstrukce, které je podnítí k rozhodnutí si něco „ubastlit“ a vyzkoušet.

Chci také upozornit, že fotografie vyrobených prototypů se v určitých malíkosteche mohou odlišovat od závěrečného popisu, který zde předkládám. Je to způsobeno dalším zdokonalováním přístrojů.

Součástky jsou většinou použity ze „šuplíkových“ zásob dlouholetého amatéra elektronika a z nabídek společnosti GES ELECTRONICS, HADEX, GM Electronic, AME Hradec Králové, J-K Eltra apod.

Doufám, že se mi i tímto číslem KE podařilo povzbudit chuť čtenářů různých věkových kategorií k tvorivé práci, a pokud jste toto číslo KE dočetli až do konce, tak vám všem za to upřímně děkuji a zároveň vás chci požádat o zachování přízně a zaslání případných námětů, připomínek a návrhů, které pak využiji i u pátého pokračování **Užitečných zapojení z dlouholeté praxe V**. Páté pokračování připravují

## Literatura

- [1] Graf, R. F.: Encyclopedia of electronic circuits, Volume 1 až 4. 1994.
- [2] Jurkovič, K.; Zodl, J.: Příručka nízkofrekvenční obvodové techniky. 1985.
- [3] Syrovátko, M.: Obvody zesilovačů a přijímačů. 1991.
- [4] Aplikační listy Motorola, Philips, Fairchild, Texas, Holtek. 1994 až 2006.
- [5] Konstrukční katalogy GES, GM Electronic, ESOS, Tesla. 1976 až 2006.
- [6] Engel, P. a kolektiv: Radioamatérské konstrukce 1 až 4. SNTL 1988 až 1990.
- [7] Syrovátko, M.: Zapojení s polovodičovými součástkami. 1973.
- [8] Elektor, ročníky 1992 až 2005.
- [9] Funkschau, ročníky 1991 až 2000.
- [10] Časopis KTE.
- [11] [www.circuitworld.com](http://www.circuitworld.com) - katalogové údaje a aplikační listy.



Systém pro návrh desek  
plošných spojů  
Distributör: T.E.I. Ing. Aleš Hamáček  
tel.: 603 540 067; fax: 371 725 588  
<http://www.formica.cz>

# ZAJÍMAVÁ A PRAKTIČKÁ ZAPOJENÍ

Tato kapitola doplňuje předchozí článek o zapojení z další oblasti, a to z radiotechniky. Zapojení jsou většinou převzata ze zahraničních časopisů a je vhodné brát je především jako podnět a inspiraci k další tvůrčí činnosti a k vlastnímu laborování.

## Radiotechnika

### Výkonná aktivní anténa

Na obr. 1 je schéma aktivní antény, kterou navrhl nizozemský radioamatér Victor van Kooten, PA3FNY, pro příjem v pásmu 10 kHz až 30 MHz. Anténa se umístí do prostoru s nerušeným příjmem a přijímaný signál se vede do přijímače koaxiálním kabelem o délce až několika desítek metrů.

Aktivní anténa se skládá ze zářiče a zesilovače. Zářič přeměňuje dopadající elektromagnetické vlnění na vf napětí, zesilovač zesiluje toto vf napětí a přizpůsobuje vysokou výstupní impedanci zářiče (kapacitního charakteru) činném odporu  $50 \Omega$  výstupního koaxiálního kabelu.

Jako zářič slouží svislá kovová (např. duralová) trubka (nahoře utěsněná) o průměru 1 cm a délce 40 cm.

Zesilovač je dvoustupňový, první stupeň je kaskoda s tranzistory T1 až T3, druhý stupeň je výkonový dvojčinný sledovač signálu s tranzistory T4 a T5.

Aby kaskoda měla co největší vstupní impedanci, jsou vstupní tranzistory T1 a T2 zvoleny typu JFET. Dva tranzistory zapojené paralelně jsou použity kvůli dosažení dostatečné strmosti a kvůli zmenšení šumu. Ss kolektora

rový proud tranzistorů T1 a T2 (celkem asi 40 mA) je určován jejich emitorovými rezistory R3 a R4. Aby zpětná vazba zaváděná těmito rezistory nezměnila zesílení kaskody v oblasti vf kmitočtů, jsou rezistory R3 a R4 zabráněny pro vf signál kondenzátory C1 a C2.

Kolektor výstupního tranzistoru kaskody T3 je napájen přes tlumivky L1 a L2, které mají velkou impedanci, takže pracovním odporem tranzistoru T3 je vstupní odpor druhého stupně zesilovače (asi  $500 \Omega$ ). Napěťové zesílení kaskody není v původním prameni specifikováno, odhadem může být okolo pěti.

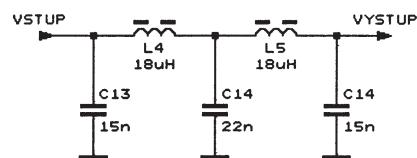
Druhý stupeň zesilovače obsahuje dva emitorové sledovače s doplňkovými tranzistory NPN (T4) a PNP (T5) pracujícími v dvojčinném zapojení. Předpětí pro tranzistory poskytuje dělič s diodami D5, D6 a rezistory R8 až R10. Pracovní proud tranzistorů (asi 70 mA) je nastaven emitorovými zpětnovazebními rezistory R11 a R12.

Na vstupu i na výstupu zesilovače jsou ochranné obvody s podélou žárovkou (Z1 nebo Z2) a příčnými antiparalelně zapojenými diodami D1 až D4 nebo D7 až D10. Při přepětí dělič tvo-

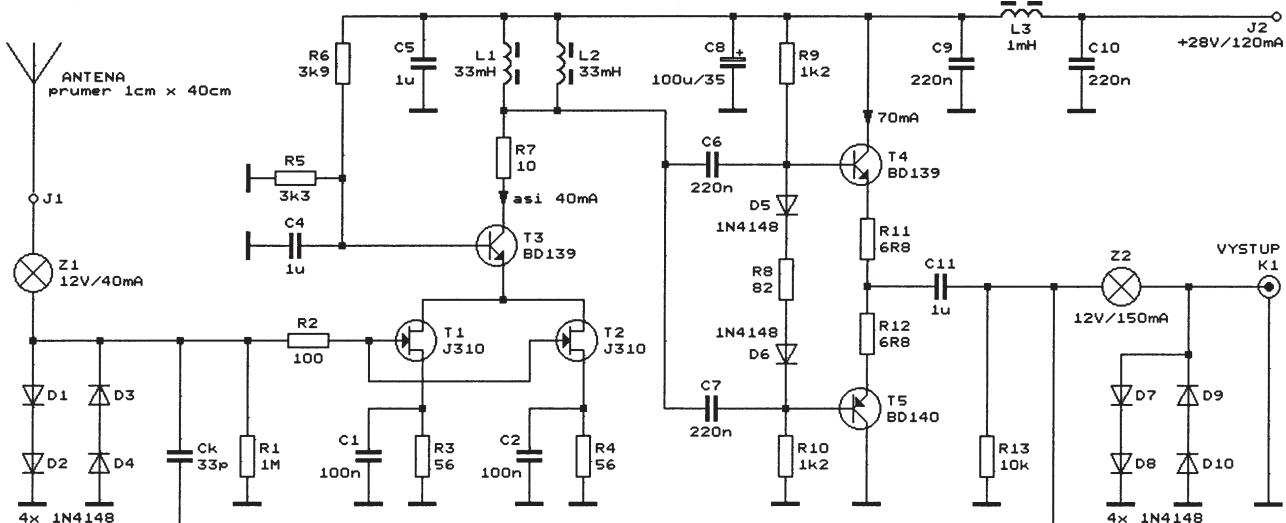
řený žárovkou a diodami zeslabí napětí obou polarit natolik, že se zesilovač nemůže poškodit (přinejhorším se přeruší vlákno žárovky). Vždy dvě diody jsou zapojeny do série proto, aby se při běžné síle vf signálu diody neotevíraly a nezpůsobovaly intermodulaci.

Lepší zapojení diodového omezovače amplitudy rušivých signálů na vstupu přijímače je uvedeno v KE 2/2007 na str. 17. V tomto omezovači mají diody zavedeno předpětí asi 6 V v závěrném směru, které zmenšuje jejich kapacitu a zcela zabrání jejich otevřání i značně silným vf signálem. I toto zlepšené zapojení diodového omezovače je možné v popisované aktivní anténě aplikovat.

Aby byl zesilovač odolný proti přebození silnými signály, je napájen relativně vysokým napětím 28 V a též pracovní proudy obou stupňů jsou značné (40 a 70 mA). Zesilovač je napájen zvláštním vodičem vedeným souběžně s výstupním koaxiálním kabelem. Na



Obr. 2. Dolní propust s horním mezním kmitočtem 500 kHz



Obr. 1. Výkonná aktivní anténa

pájecí napětí je filtrováno tlumivkou L3 a blokováno řadou kondenzátorů.

Zesilovač by bylo možné napájet i po koaxiálním kabelu, jak je to běžné (viz např. aktivní anténa MiniWhip popsaná v PE 9/2006 na str. 5), při požadavku přijímat signály na kmitočtech od 10 kHz by však tlumivky výhybek, oddělujících vf signál od ss napájení, musely mít značnou indukčnost a jejich parazitní rezonance by mohly na některých kmitočtech zeslabovat přijímaný signál.

Chceme-li aktivní anténu přijímat pouze signály v dlouhovlnných pásmech pod středními vlnami, zapojíme mezi výstup zesilovače a výstupní konektor K1 dolní propust podle obr. 2. Tato propust má horní mezní kmitočet asi 500 kHz a potlačuje signály silných středovlnných stanic, aby nezahlucoval vstup přijímače. Na kmitočtu 675 kHz má propust útlum asi 24 dB. Změnou hodnot součástek můžeme horní mezní kmitočet propusti podle potřeby snížit.

Součástky aktivní antény jsou umístěny na destičce s plošnými spoji, která je vestavěna do vodotěsné plastové skřínky (např. elektroinstalační). Z horní stěny skřínky vodotěsnou plastovou průchdkou vychází záříč, z dolní stěny vychází (též skrz vodotěsnou průchdku) koaxiální kabel a napájecí vodič. V dolní stěně skřínky by měla být díra o průměru asi 2 mm pro odtékání zkondenzované vody.

Skříňku s aktivní anténou umístíme co nejvíce do volného prostoru do místa, kde je minimální rušení od elektrovodné sítě. Při větší délce koaxiálního

antennního svodu musíme zajistit, aby se rušení indukované do kabelu nemohlo dostat na vstup přijímače. Na straně antény je proto vhodné stínicí opletení koaxiálního kabelu spojit s kovovým uzemněným stožárem, na straně přijímače je vhodné do kabelu vložit izolační transformátor, který přeruší cestu rušivých proudů tekoucích pláštěm kabelu směrem do přijímače.

*RadCom, říjen 2006*

## Rezonanční měřič indukčnosti a relativní jakosti Q

Na obr. 3 je schéma přístroje, který na principu rezonance umožňuje měřit indukčnost a relativní jakost Q cívek. Na to, aby umožňoval měřit jakost Q absolutně, je přístroj příliš jednoduchý.

Měřicí obsahuje čtyři pevně naladěné oscilátory s tranzistory T1 až T4, přepínač oscilátorů S1, kterým se volí měřicí kmitočet, vf zesilovač s tranzistorem T5, budící vf transformátor TR1, paralelní rezonanční obvod s měřenou cívkou Lx, ladícím kondenzátorem C21 a injekčním rezistorem R15 a detektor s tranzistorem T6 a ručkovým mikroampérmetrem MI1, který indikuje velikost nakmitaného vf napětí na rezonančním obvodu.

Oscilátory jsou LC typu Hartley s tranzistory JFET BF256 (T1 až T4). Cívky L1 až L4 jsou navinuty na toroid-

ních železových jádřech Amidon T50-6 a T50-2 o vnějším průměru 12,7 mm. Jádro T50-6 má relativní permeabilitu  $\mu_r = 8$ , je určeno pro kmitočty 10 až 50 MHz a je žluté/černé. Jádro T50-2 má relativní permeabilitu  $\mu_r = 10$ , je určeno pro kmitočty 2 až 30 MHz a je červené/černé. Tato jádra nabízela např. firma GES ELECTRONICS.

Cívka L1 má 16 závitů měděného lakovánoho drátu (CuL) o průměru 0,5 mm navinutého rovnoměrně po celém obvodu jádra T50-6. Odbočka je po čtvrtém závitu od uzemněného konce cívky.

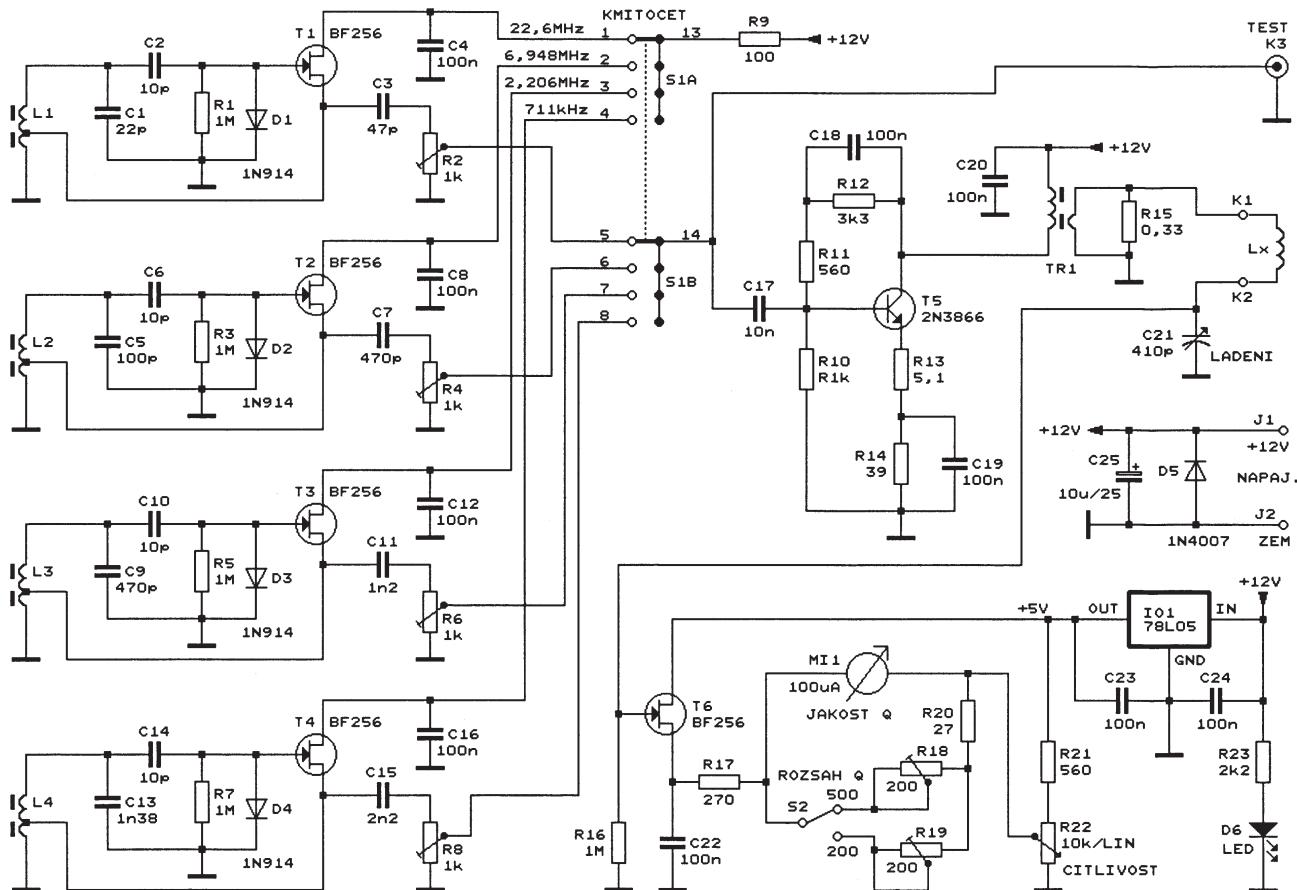
Cívka L2 má 27 závitů drátu CuL o průměru 0,4 mm navinutého rovnoměrně po celém obvodu jádra T50-2. Odbočka je po šestém závitu od uzemněného konce cívky.

Cívka L3 má 41 závitů drátu CuL o průměru 0,3 mm navinutého rovnoměrně po celém obvodu jádra T50-2. Odbočka je po desátém závitu od uzemněného konce cívky.

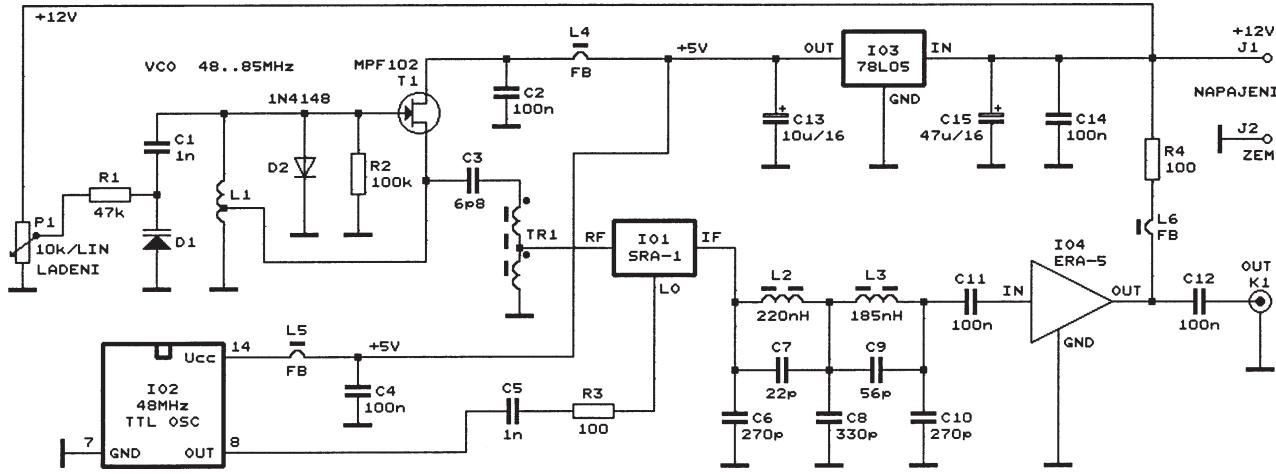
Cívka L4 má 60 závitů drátu CuL o průměru 0,3 mm navinutého rovnoměrně po celém obvodu jádra T50-2. Odbočka je po devatenáctém závitu od uzemněného konce cívky.

Kvůli teplotní kompenzaci kmitočtu oscilátorů by měly být kondenzátory C1, C5, C9 a C13 styroflexové, v nouzovém mohou být i keramické z materiálu NPO (běžně jsou dosažitelné pouze v provedení SMD).

Kmitočty oscilátorů jsou uvedeny na schématu a měly by být dodrženy s přesností 1 %, aby na sebe navazovaly rozsahy při měření indukčnosti.



Obr. 3. Rezonanční měřič indukčnosti a relativní jakosti Q



Obr. 4. Směšovací vf generátor 0,4 až 35 MHz

Kmitočet upravujeme změnou kapacity kondenzátorů C1, C5 atd., popř. použijeme kapacitní trimry.

Velikost výstupního vf napětí oscilátoru se nastavuje trimry R2, R4 atd. tak, aby na testovacím konektoru K3 (BNC) měl signál mezivrcholový rozkmit 0,4 V (naprázdno).

Transformátor TR1 na výstupu vf zesilovače je navinut na dvouděrovém feritovém jádru, jaké se používalo k symetrizaci signálu z antény v TV tunelech. Primární vinutí (spojené s kollektorem T5) má 23 závitů drátu CuL o průměru 0,3 mm, sekundární vinutí má 1 závit drátu CuL o průměru 0,6 mm. R15 je tvořen třemi paralelně spojenými rezistory o odporu 1 Ω.

Vf napětím z rezistoru R15 je buzen paralelní rezonanční obvod tvořený měřenou cívku Lx a otočným vzdutovým kondenzátorem C21 o maximální kapacitě okolo 410 pF.

Vf napětí nakmitané na rezonančním obvodu je indikováno ručkovým mikroampérmetrem MI1 s citlivostí 100 až 200 μA. Měřidlo je připojeno k rezonančnímu obvodu přes tranzistor JFET (T6), který pracuje jako usměřňovač s velmi velkým vstupním odporem. Citlivost měřidla se ovládá přepínačem S2 a potenciometrem R22.

Měřič je napájen stabilizovaným ss napětím 12 V z vnějšího síťového zdroje. Pro detektor s měridlem MI1 je napájecí napětí zmenšováno na 5 V stabilizátorem 78L05 (IO1). Zapnuté napájení indikuje LED D6. D5 chrání přístroj při přepínání napájecího napětí.

Po připojení měřené cívky Lx se změnou kmitočtu a otáčením kondenzátoru C21 vyhledá rezonance LC obvodu, při níž je výchylka měřidla maximální. Podle velikosti výchylky lze usoudit na relativní jakost Q, z kmitočtu a natočení kondenzátoru C21 lze určit indukčnost měřené cívky.

C21 je opatřen čtyřmi stupnicemi pro jednotlivé kmitočty. Na stupni 1 odpovídající poloze 1 přepínače S1A lze přečíst indukčnost 0,1 až 1,8 μH, na stupni 2 odpovídající poloze 2 přepínače S1A lze přečíst indukčnost 1,5 až 18 μH, na dalších stupnicích 3 a 4 lze číst indukčnosti 15 až 180 μH a 0,15 až

2,2 mH. Cejchování stupnic není v původním prameni popsáno.

CQ, červenec 2003

## Směšovací vf generátor 0,4 až 35 MHz

Vf generátor, jehož schéma je na obr. 4, si postavil novozélandský radioamatér, aby mohl testovat vstupní obvody přijímačů a proměňovat kmitočtové charakteristiky LC filtrů. Jedná se spíš o přípravek, než o plnoodnodný měřicí přístroj, pro požadovaná měření však plně vyhověl.

Generátor pracuje na směšovacím principu. Obsahuje pevný krystalový oscilátor IO2, napětím laděný oscilátor (VCO) s tranzistorem T1, dvojitě vyvážený diodový směšovač s IO1, výstupní filtr typu dolní propust s cívками L2 a L3 a výstupní monolitický zesilovač s IO4.

Pevný oscilátor generuje signál o kmitočtu 48 MHz, VCO generuje signál o kmitočtu 48 až 85 MHz. Oba signály se směšují a produkt směšování s rozdílovým kmitočtem 0 až 35 MHz, který je vybrán dolní propustí, je veden přes výstupní zesilovač na výstup K1.

Krystalový oscilátor je „konfekční“ v pouzdru DIL14 apod. používaný v oblasti výpočetní techniky.

VCO je typu Hartley s tranzistorem JFET (T1). Místo předepsaného exotickeho typu zřejmě vyhoví i BF256 apod.

Cívka L1 je navinuta na válcovém tělísku o průměru 5 mm a má 8 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,6 mm. Odbočka je po třetím závitu od uzemněného konce cívky. Cívka se dodává šroubovacím feritovým nebo mosazným jádrem.

Varikap D1 je tzv. VHF s velkou změnou kapacity. Jsou doporučovány typy MV104 nebo BB911, pravděpodobně vyhoví i BB109 (KB109) apod.

Ladicí napětí pro varikap se odebírá z potenciometru P1, který by měl být desetiotáčkový. Kvůli značné ceně takového potenciometru však autor nouzově použil dvacetiotáčkový trimr s knoflíkem.

Přizpůsobovací transformátor TR1 na výstupu VCO je navinut na toroidním

jádru Amidon T25-10. Toto jádro má vnější průměr 6,5 mm,  $\mu_1 = 6$ , rozsah kmitočtů 30 až 100 MHz a je označeno černou barvou. Vinutí je bifilární - má 10 závitů navinutých dvěma zkroucenými měděnými lakovanými dráty o průměru 0,3 mm. Pozor na správné propojení obou drátů - konce vinutí jsou označeny tečkou.

Dvojitě vyvážený diodový směšovač SRA-1 (IO1) je rovněž „konfekční“ výrobek a nabízela ho např. firma GES ELECTRONICS.

Dolní propust je třípolový elliptický filtr s horním mezním kmitočtem 35 MHz a rejsekem na přenášeném pásmem. Obě cívky jsou navinuty na toroidním jádru Amidon T25-10 měděným lakovaným drátem o průměru 0,4 mm, cívka L2 má 8 závitů a cívka L3 má 7 závitů. Kondenzátory C6 až C10 jsou keramické z materiálu NPO (SMD).

Výstupní vf zesilovač je s obvodem MMIC ERA-5 (IO4), který rovněž nabízela firma GES ELECTRONICS. Použitelné jsou i jiné podobné zesilovače MMIC. Pracovní bod zesilovače je nastaven pracovním odporem R4. Při zařízení odporem 50 Ω má vf signál na výstupu zesilovače (na konektoru K1) mezivrcholový rozkmit 300 až 400 mV.

Generátor je napájen ss napětím +12 V z vnějšího síťového zdroje. Odebraný proud je asi 100 mA.

Napájecí napětí +12 V musí být dokonale stabilizováno a vyfiltrováno, protože je používáno jako ladící napětí pro varikap. Vnější napájecí napětí +12 V proto nestačí stabilizovat běžným stabilizátorem 7812, ale musíme ho odvodit (proudově posíleným operačním zesilovačem) od referenčního napětí z obvodu TL431 nebo podobného.

Stabilizátorem 78L05 (IO3) je z napájecího napětí +12 V odvozováno napětí +5 V pro napájení obou oscilátorů. Výstupní zesilovač IO4 je napájen plným napětím +12 V.

Aby se po napájecí sběrnici nešířily vf signály, jsou do ní zařazeny tlumivky L4 až L6 z feritových perel.

Generátor autor vestavěl do ploché stíněné skříňky spájené z Cuprexitových destiček.

BREAK-IN, září/říjen 2007